



TESIS RC - 142501

**ANALISA PENGGUNAAN *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (RAP) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL DINGIN JENIS OGEMs DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL EMULSI MODIFIKASI (Studi Kasus Material RAP Jalan Kolonel H. Burlian-Palembang)**

RUDI JUHARNI  
3112207805

DOSEN PEMBIMBING:  
Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng.  
Ir. Herry Budianto, M.Sc.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN ASET INFRASTRUKTUR  
PROGRAM STUDI/JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015



THESIS RC - 142501

# **ANALYSIS THE USE OF RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) AS A COLD MIX ASPHALT TYPE OGEMs USING ASPHALT EMULSION MODIFICATION**

**(Case Study RAP Material Kolonel H. Burlian  
Road-Palembang)**

RUDI JUHARNI  
3112207805

SUPERVISORS:  
Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng.  
Ir. Herry Budianto, M.Sc.

MASTER PROGRAM  
INFRASTRUCTURE ASSET MANAGEMENT SPECIALITY  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015



Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

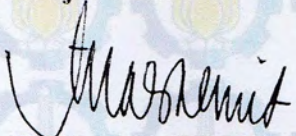
**RUDI JUHARNI**

Nrp. 3112207805

Tanggal Ujian : 16 Januari 2015

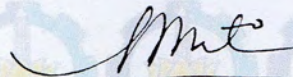
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh:




1. Dr. Ir. Ria A.A. Soemitro, M.Eng.  
NIP. 19560119 198601 2 001

(Pembimbing 1)



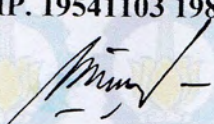
2. Ir. Herry Budianto, M.Sc.

(Pembimbing 2)



3. Dr. Ir. Hitapriya S, M.Eng  
NIP. 19541103 198601 1 001


(Penguji)



4. Ir. Soemino, M.MT.

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Dr. Ir. Adi Suprijanto, MT.

NIP. 19640405 199002 1 001

**ANALISA PENGGUNAAN RECLAIMED ASPHALT  
PAVEMENT (RAP) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL  
DINGIN JENIS OGEMs DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL  
EMULSI MODIFIKASI  
(Studi Kasus Material RAP Jalan Kolonel H. Burlian-Palembang)**

Nama Mahasiswa : Rudi Juharni  
NRP : 3112207805  
Calon Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng  
: Ir. Herry Budianto, M.Sc

**ABSTRAK**

Potensi Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) hasil *Cold Milling Machine* untuk penanganan jalan nasional di Propinsi Sumatera Selatan cukup besar, namun penggunaan kembali RAP ini masih sangat kecil. Adanya tuntutan peningkatan kualitas campuran akibat peningkatan beban lalu lintas serta pengaruh iklim dan cuaca menyebabkan penggunaan aspal modifikasi merupakan suatu alternatif untuk meningkatkan keandalan struktur jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan penggunaan RAP dalam perkerasan campuran aspal dingin jenis *Open Graded Emulsion Mixtures* (OGEMs) yang menggunakan bahan pengikat aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif.

Penelitian ini diawali dengan meneliti karakteristik RAP dan material baru ditinjau dari Spesifikasi Bina Marga. Dilanjutkan dengan membuat campuran beraspal dingin jenis OGEMs menggunakan aspal emulsi modifikasi, agregat baru, dan RAP. Prosentase penambahan agregat baru pada pengujian ini akan sangat tergantung dari gradasi RAP. Komposisi campuran harus memenuhi amplop gradasi agregat. Campuran tersebut kemudian diuji dengan pengujian Marshall untuk menentukan komposisi yang memenuhi ketentuan Spesifikasi Bina Marga. Penambahan maupun pengurangan prosentase RAP akan melihat hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisik campuran pada komposisi campuran pertama. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat diaplikasikan di lapangan untuk kegiatan pemeliharaan dan perbaikan jalan, pelapisan kembali jalan dengan volume lalu lintas rendah, serta bahu jalan. Material RAP yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Jl. Kolonel Haji Burlian Palembang.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimal campuran yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga adalah 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dan 80% material baru dengan kadar aspal optimum dalam campuran 4,4%, dimana kadar aspal dalam campuran terdiri atas 0,85 % bitumen RAP dan 3,55 % aspal residu yang didapatkan dari penambahan 6,2 % aspal emulsi modifikasi. Penggunaan komposisi tersebut mengakibatkan adanya penghematan biaya produksi sebesar 13,02% dibandingkan campuran aspal dingin tanpa RAP.

Kata kunci : Jl. Kolonel H. Burlian-Palembang , RAP, *Open Graded Emulsion Mixtures* (OGEMs), aspal emulsi modifikasi, Spesifikasi Bina Marga.

**ANALYSIS THE USE OF RECLAIMED ASPHALT  
PAVEMENT (RAP) AS A COLD MIX ASPHALT TYPE OGEMs  
USING ASPHALT EMULSION MODIFICATION  
(Case Study RAP Material Kolonel H. Burlian Road-Palembang)**

Name : Rudi Juharni  
Student Number : 3112207805  
Supervisor : Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng  
Ir. Herry Budianto, M.Sc

**ABSTRACT**

Potential of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Cold Milling Machine results for handling the national road in South Sumatera Province is quite large, but the reuse of this RAP is still very little. The existence demand of increasing of mixed quality due to the progressive increase in the traffic load as well as the influence of climate and weather cause the use of modified bitumen is an alternative for boost reliability of the structure. This study aims to determine the possible use of RAP in a cold mix asphalt pavement type Open Graded Emulsion Mixtures (OGEMs) which use a modified emulsion asphalt binder types CSS-1h modif.

This Study begins by examining the characteristic of RAP and new materials in terms of Bina Marga Specifications. Followed by making cold asphalt mixture type OGEMs using asphalt emulsion modifications, new aggregate and RAP. Addition of new aggregate percentage on this test will be very depend on the RAP gradation. The composition of the mixture must meet the aggregate gradation envelope. The mixture was then test by Marshall test to determine the composition that meets the Bina Marga Spesification requirements. Addition or reduction in the percentage of RAP will see the result of the examination of the physical properties of the mixture to the first mixture composition. It is expected that the result of this research can be applied in the field for the maintenance and repair of roads, resurfacing roads with low traffic volumes, as well as shoulder of the road. RAP material used in this study came from Kolonel H. Burlian road Palembang.

The results of the study showed that the optimal composition of the mixture that meets the Spesifications of General Highway is 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang and 80% new material with optimum asphalt content in the mixture is 4,4%, where the asphalt content in the mixture consisting of 0,85% RAP bitumen and 3,55% asphalt residue that obtained from addition of 6,2% modified asphalt emulsion. The use of such compositions result saving of 13,02% in cost production compared to the cold asphalt mixture without RAP.

Keywords: , Kolonel H. Burlian Road-Palembang, RAP, Open Graded Emulsion Mixtures (OGEMs), modified asphalt emulsion, Specification for Highways.



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan hanya bagi Allah SWT, Pemelihara seluruh alam raya, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada Program Pascasarjana Bidang Keahlian Manajemen Aset Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, FTSP – ITS Surabaya.

Dalam proses penyusunan dan penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk peran dan jasa mereka yang sangat berarti bagi penulis, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Mama, Papa & Mama Mertua; Istri saya Ayu Wulandari dan Anak-anak saya M. Danish Qaiser Juharni dan Mikaila Asha Juharni atas segala cinta, semangat dan doa serta pengorbanan yang diberikan.
2. Ibu Dr.Ir. Ria A.A Soemitro, M.Eng dan Bapak Ir. Herry Budianto, M.Scatas segala arahan dan petunjuk selama penyusunan tesis.
3. Bapak Dr. Ir. Hitapriya S, M.Eng dan Bapak Ir. Soemino, M.MT atas segala sarannya.
4. Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan (PUSDIKLAT) Kementerian Pekerjaan Umum yang telah memberikan beasiswa dan mendukung administrasi untuk mengikuti pendidikan Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Aset Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, FTSP ITS Surabaya.
5. Keluarga Besar Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional III dan rekan-rekan di Laboratorium BBPJN III; atas bantuannya membuat briket dan pengujiannya.
6. Bagus dan Esa sebagai teman seperjuangan yang telah berjuang bersama-sama.
7. Rekan-rekan Manajemen Aset 2013 untuk persaudaraan dan kebersamaannya.

8. Semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tesis ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, kritikan dan saran sangat diharapkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang lebih baik.

Surabaya, Januari 2015

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR ISTILAH .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	7
2.1 Jalan .....	7
2.1.1 Pengelompokan Jalan .....	7
2.1.2 Kerusakan Jalan .....	10
2.1.3 Perkerasan Jalan .....	11
2.2 Aspal .....	12
2.3 Campuran Aspal Dingin .....	14
2.3.1 Agregat .....	15
2.3.2 Aspal Emulsi .....	17
2.4 Aspal Modifikasi .....	26
2.5 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) .....	27
2.6 Penyiapan Agregat .....	28
2.6.1 Pengambilan Contoh Agregat .....	28
2.6.2 Tata Cara Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat .....	29
2.7 Spesifikasi Teknis Bahan dan Campuran Aspal Dingin .....	30
2.7.1 Agregat .....	30



2.7.2 Aspal Dingin.....	33
2.7.3 Campuran Aspal Dingin.....	34
2.8 Pengujian Campuran.....	36
2.9 Analisa Biaya.....	38
2.10 Penelitian Terdahulu .....	39
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>41</b>
3.1 Umum .....	41
3.2 Bahan .....	43
3.3 Pengujian .....	43
3.4 Perancangan Benda Uji.....	43
3.5 Metoda Analisis .....	44
3.6 Kesimpulan dan Rekomendasi.....	44
<b>BAB 4 PENGUMPULAN DATA .....</b>	<b>47</b>
4.1 Material RAP .....	47
4.1.1 Pengujian Kadar Aspal Material RAP.....	47
4.1.2 Pengujian Gradasi Agregat RAP .....	47
4.1.3 Karakteristik Agregat RAP .....	48
4.1.2 Karakteristik Aspal RAP .....	49
4.2 Karakteristik Material Baru .....	49
4.2.1 Karakteristik Agregat Baru .....	50
4.2.2 Karakteristik Aspal Emulsi CSS-1h Modif .....	51
<b>BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
5.1 Hasil Pengujian Karakteristik Material RAP.....	53
5.1.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat RAP.....	53
5.1.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal RAP.....	54
5.1.3 Kesimpulan Hasil Pengujian Material RAP .....	54
5.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material Baru .....	54
5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Baru .....	54
5.2.2 Hasil Pengujian Aspal Emulsi CSS-1h Modif .....	55
5.2.3 Kesimpulan Hasil Pemeriksaan Material Baru .....	56
5.3 Perencanaan Campuran.....	56
5.3.1 Perencanaan Gradasi Campuran .....	56

5.3.2 Kadar Aspal Emulsi Perkiraan .....	58
5.3.3 Perhitungan Komposisi Benda Uji .....	59
5.3.4 Kesimpulan Perencanaan Campuran .....	59
5.4 Hasil Pengujian .....	62
5.4.1 Hasil Pengujian Kadar Air Penyelesaian .....	62
5.4.2. Analisa Hasil Pengujian Marshall .....	63
5.4.3 Analisa Teknis Hasil Pengujian Campuran .....	70
5.4.4 Kesimpulan Hasil Pengujian karakteristik Campuran .....	73
5.5 Analisa Biaya Penggunaan RAP Jl. Kol. H. Burlian .....	74
5.4.1 Analisa Biaya Pengujian Laboratorium .....	76
5.4.2 Analisa Biaya Produksi Campuran Aspal Dingin .....	78
5.4.3 Kesimpulan Analisa Biaya Penggunaan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	79
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	81
6.1 Kesimpulan .....	81
6.2 Saran .....	82
DAFTAR PUSTAKA .....	83
LAMPIRAN .....	87

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Amplop Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Dingin .....	32
Gambar 2. 2 Komponen Harga Satuan Pekerjaan (Dirjen Bina Marga, 2010).....	38
Gambar 2. 3 Metode Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) (Dirjen Bina Marga, 2010) .....	39
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 4. 1 Gradasi Agregat RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	48
Gambar 4. 2 Gradasi Agregat Baru.....	51
Gambar 5. 1. Gradasi Agregat Campuran RAP Jl. Kol. H. Burlian 15% Dengan Agregat Baru 85%.....	57
Gambar 5. 2. Grafik Stabilitas terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	63
Gambar 5. 3. Grafik Tebal Film Aspal terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	64
Gambar 5. 4. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum di dalam Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang.....	65
Gambar 5. 5. Grafik Stabilitas terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	66
Gambar 5. 6. Grafik Tebal Film Aspal terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	67
Gambar 5. 7. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum dalam Campuran dengan 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	68
Gambar 5. 8. Gradasi Agregat Campuran RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 25% dan Agregat Baru 75%.....	70
Gambar 5. 9. Stabilitas Marshall Campuran dengan 15% RAP dan 20% RAP....	71
Gambar 5. 10. Tebal Film Aspal Campuran dengan 15% RAP dan 20% RAP....	72
Gambar 5. 11. Stabilitas Sisa Campuran dengan 15% RAP dan 20% RAP .....	72

## DAFTAR ISTILAH

### **AASHTO**

American Association of State Highway and Transportation Officials

### **Agregat**

Sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan.

### **Agregat Halus**

Agregat yang lolos ayakan no. 8 (2,36 mm).

### **Agregat Kasar**

Agregat yang tertahan ayakan no. 8 (2,36 mm).

### **Aspal**

Material perekat dengan unsur utama bitumen.

### **Aspal Emulsi**

Campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi.

### **ASTM**

American Society for Testing and Material.

### ***Cold Milling Machine***

Mesin penghancur perkerasan yang digunakan untuk mengelupas sebagian atau seluruh lapisan perkerasan jalan.

### **CSS**

Cationic Slow Setting, aspal emulsi jenis kationik yang partikel aspalnya memisah dengan lambat dari air setelah kontak dengan udara.

### **Daktilitas**

Nilai keelastisan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila antara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25°C dan dengan kecepatan 50 mm/menit.

### **Ekstraksi**

Proses pemisahan aspal dan agregat.

### ***Filler***

Fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm).

### **Gradasi**

Distribusi partikel yang terdistribusi secara menerus dan rapat.

**Gradasi Terbuka**

Campuran agregat dengan distribusi ukuran butiran sedemikian rupa sehingga pori-pori antar agregat tidak terisi dengan baik.

**Kationik**

Elektro positif

**Keausan Agregat**

Perbandingan antara berat bahan yang hilang atau tergerus (akibat benturan bola-bola baja) terhadap berat bahan semula (awal).

**Kelekatan Agregat**

Persentase luas permukaan agregat yang terselimut aspal terhadap keseluruhan permukaan.

**NAPA**

National Asphalt Pavement Association

**OGEMs (*Open Graded Emulsion Mixtures*)**

Konstruksi yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi terbuka dan aspal emulsi sebagai bahan pengikat, yang dicampur tanpa proses pemanasan.

**Penetrasi**

Masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu, dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu.

**RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)**

Material hasil pengupasan dan atau pemrosesan ulang perkerasan yang berisi agregat dan aspal.

**RSNI**

Revisi Standar Nasional Indonesia.

**SNI**

Standar Nasional Indonesia.

**Stabilitas**

Kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram.

**Stabilitas Sisa**

Nilai stabilitas dari benda uji menggunakan aspal emulsi setelah direndam selama 2 x 2 x 24 jam pada temperatur 25°C, atau dengan vakum 1 jam dengan 76 cm Hg.

**TFA**

Tebal Film Aspal.

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Jenis Kerusakan Perkerasan Beraspal .....	11
Tabel 2. 2 Persyaratan Aspal Keras .....	20
Tabel 2. 3 Persyaratan Kerosin .....	21
Tabel 2. 4 Jumlah dan Ukuran Contoh.....	29
Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Kasar .....	31
Tabel 2. 6 Bahan Aspal Untuk Campuran Aspal Dingin .....	33
Tabel 2. 7 Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik .....	34
Tabel 2. 8 Ketentuan Campuran Dingin, Komposisi, dan Sifat Campuran .....	35
Tabel 2. 9 Persyaratan Campuran Beraspal Dingin .....	36
Tabel 3. 1 Rincian Jumlah Benda Uji .....	44
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Ekstraksi Bahan RAP.....	47
Tabel 4. 2. Karakteristik Agregat RAP .....	49
Tabel 4. 3. Karakteristik Aspal RAP.....	49
Tabel 4. 4. Karakteristik Agregat Baru .....	50
Tabel 4. 5 Karakteristik Aspal Emulsi CSS-1h Modif.....	52
Tabel 5. 1. Perhitungan Gradasi RAP 15% dan Agregat Baru 85% .....	57
Tabel 5. 2. Komposisi Benda Uji Marshall dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% dan Material Baru 85% .....	60
Tabel 5. 3. Komposisi Benda Uji Marshall dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan Material Baru 80% .....	61
Tabel 5. 4 Pengujian Kadar Air Penyelimutan.....	62
Tabel 5. 5. Stabilitas Sisa terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	65
Tabel 5. 6. Stabilitas Sisa terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	68
Tabel 5. 7. Perhitungan Gradasi RAP 25% dan Agregat Baru 75% .....	69
Tabel 5. 8. Pengendalian Mutu .....	76
Tabel 5. 9. Perbandingan Harga Campuran Aspal Dingin.....	78



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan adalah prasarana darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (UU No.38 Tahun 2004).

Panjang jalan nasional pada tahun 2009 mencapai 496.607 km dengan rincian 38.570 km jalan nasional, 53.642 km jalan provinsi, dan 404.395 km jalan kabupaten/kota (BPS, 2011). Sebagian besar permukaan jalan menggunakan perkerasan lentur (aspal). Agar jalan mempunyai manfaat yang maksimal harus dipelihara sebaik-baiknya. Tujuan pemeliharaan jalan adalah untuk memperlambat penurunan kondisi, sehingga jalan berfungsi sesuai umur rencana, mengurangi biaya operasi kendaraan, serta agar jalan selalu berfungsi sehingga dapat melayani penggunaannya.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, Penyelenggara jalan mempunyai kewajiban dan tanggung jawab untuk memelihara jalan sesuai dengan kewenangannya. Pemeliharaan jalan tersebut merupakan prioritas tertinggi dari semua jenis penanganan jalan. Pemeliharaan jalan meliputi pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan rehabilitasi.

Terbatasnya biaya pembangunan dan pemeliharaan yang disediakan pemerintah, beban kendaraan yang susah untuk dikendalikan, serta pengaruh iklim tropis, mempercepat kerusakan perkerasan jalan. Dan hal ini akan berdampak kepada rendahnya kinerja perkerasan jalan (Budianto, 2009).

Dalam rangka penyelenggaraan jalan berbagai metode pemeliharaan jalan dilaksanakan antara lain dengan melapisi kembali lapisan permukaan dengan perkerasan lentur atau mengupas/mengeruk lapisan permukaan perkerasan tersebut terlebih dahulu, baik untuk perbaikan jenis-jenis kerusakan permukaan

aspal seperti retak, gelombang, alur, dan lainnya, maupun untuk pelapisan ulang perkerasan lentur (Wibowo, 2013).

Galian Perkerasan Beraspal mencakup galian pada perkerasan beraspal lama dan pembuangan bahan perkerasan beraspal dengan maupun tanpa *Cold Milling Machine* (mesin pengupas perkerasan beraspal tanpa pemanasan). Pengupasan tanpa *Cold Milling Machine* dapat menggunakan *asphalt cutter*, *jack hammer*, dan lain-lain (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

Hasil galian atau pengerukan perkerasan beraspal inilah yang disebut dengan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) (NAPA, 1996). Di dalam RAP ini masih terdapat agregat, baik kasar maupun halus, dan aspal. Hal ini tentu saja memungkinkan RAP ini untuk bisa digunakan kembali. Jika hal ini dapat dilakukan, tentu saja akan mendukung program *Green Construction* (konstruksi yang berwawasan lingkungan) yang sedang digalakkan oleh pemerintah saat ini.

Penggunaan Material RAP ini sangat potensial untuk diterapkan pada pemeliharaan perkerasan jalan seperti untuk kegiatan *patching* (tambal sulam), perbaikan bentuk permukaan, dan pelapisan kembali jalan dengan volume lalu lintas rendah. Selain itu material RAP ini juga sangat memungkinkan untuk dipakai sebagai bahan untuk perkerasan bahu jalan berpenutup aspal. Umumnya sebagian besar jalan yang ada di Indonesia, khususnya Sumatera Selatan, menggunakan Agregat S sebagai bahu jalan tanpa penutup aspal. Tetapi, dengan curah hujan yang cukup tinggi dan kondisi tanah yang tidak cukup stabil, pemakaian Agregat S untuk bahu jalan ini juga belum bisa memberikan kondisi pelayanan optimal bagi pengguna jalan.

Kurangnya ikatan antar agregat dan adanya lubang pori membuat bahu jalan dengan Agregat ini sangat mungkin untuk mengalami penurunan/ambles saat dilewati oleh beban dengan muatan besar, apalagi mengingat fungsi jalan nasional sebagai jalan yang melayani angkutan utama, sehingga hanya dalam hitungan bulan bahu jalan yang baru saja diperbaiki kembali mengalami penurunan. Dengan memakai bahu jalan dengan penutup aspal diharapkan bahu jalan dapat melayani lalu lintas sesuai dengan usia layan yang direncanakan.

Material RAP dari proses *Cold Milling Machine* memiliki potensi yang cukup besar, untuk jalan nasional saja  $\pm 3000\text{m}^3/\text{tahun}$ . Tetapi pemanfaatan

kembali material ini, khususnya di Sumatera Selatan bisa dikatakan belum dilakukan secara optimal. Selama ini RAP tadi hanya digunakan sebagai urugan bahkan terkadang hanya ditumpuk/dibuang begitu saja. Material RAP yang dibuang bisa menjadi sumber limbah yang mengganggu lingkungan.

Material RAP yang akan digunakan dalam campuran aspal dingin haruslah sesuai dengan ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Untuk agregat kasar, partikel lolos ayakan No. 200 lebih dari 1% tidak boleh digunakan. Sedangkan untuk agregat halus partikel lolos ayakan No. 200 lebih dari 8% tidak diperkenankan untuk digunakan.

Campuran aspal, baik secara panas (*hotmix*) maupun dingin (*coldmix*), pada dasarnya memiliki kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri. Namun, *hotmix* yang populer pada penanganan jalan di Indonesia, dinilai tidak cukup ramah lingkungan dan tidak hemat energi. Dimana proses pembakaran yang dilakukan menggunakan energi yang cukup banyak serta menyebabkan polusi udara (Emrizal, 2009).

Penelitian yang telah dilakukan selama ini banyak menggunakan aspal panas dalam upaya pemanfaatan kembali hasil RAP. Untuk itu dirasa perlu untuk melakukan penelitian dengan menggunakan bahan campuran aspal dingin sebagai alternatif penerapan pemakaian bahan RAP.

Dalam upaya untuk mengoptimalkan potensi RAP di Sumatera Selatan, maka dilakukan penelitian ini yaitu penggunaan RAP sebagai bahan *coldmix* (Campuran Aspal Dingin) menggunakan aspal emulsi modifikasi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik sifat-sifat agregat RAP dan aspal RAP?
2. Bagaimana karakteristik sifat-sifat agregat baru dan aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif?
3. Bagaimana komposisi gradasi OGEMS dengan memakai bahan pokok RAP yang memenuhi amplop gradasi?

4. Bagaimana karakteristik campuran dengan memakai bahan RAP pada perencanaan campuran beraspal dingin jenis OGEMs dengan menggunakan aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif?
5. Bagaimana keuntungan campuran aspal dingin jenis OGEMs dengan aspal emulsi modifikasi dan RAP dari segi biaya?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik sifat-sifat fisik agregat RAP dan aspal RAP.
2. Mengetahui karakteristik sifat-sifat agregat baru dan aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif.
3. Mengetahui komposisi gradasi OGEMs dengan memakai bahan pokok RAP yang memenuhi amplop gradasi.
4. Mengetahui karakteristik campuran dengan memakai bahan RAP pada perencanaan campuran beraspal dingin jenis OGEMs dengan menggunakan aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif?
5. Mengetahui keuntungan campuran aspal dingin jenis OGEMs dengan aspal emulsi modifikasi dan RAP dari segi biaya.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah ditemukannya komposisi optimal campuran beraspal dingin dengan gradasi terbuka menggunakan aspal emulsi modifikasi dan RAP yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga dan dapat diaplikasikan di lapangan sehingga dapat memberi solusi dan alternatif penerapan pembangunan ramah lingkungan serta pemakaian energi (bahan bakar) seminimal mungkin karena dilakukan dengan campuran dingin.

Disamping itu, juga untuk menambah khasanah ilmiah dan sumbangan bagi pengembangan keilmuan di bidang rehabilitasi dan pemeliharaan bangunan sipil khususnya di bidang jalan.

## 1.5 Batasan Penelitian

Sehubungan dengan permasalahan yang akan dibahas, maka batasan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan RAP yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah hasil kerukan/kupasan *Cold Milling Machine* jalan Kolonel H. Burlian Palembang.
2. Campuran beraspal dingin yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif.
3. Campuran aspal dingin yang direncanakan adalah *Open Graded Emulsion Mixtures* (OGEMs).
4. Sifat-sifat fisik agregat, aspal, dan campuran yang diuji mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.
5. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium, tidak melakukan pengujian lapangan.

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Jalan**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

##### **2.1.1 Pengelompokan Jalan**

Sesuai dengan peruntukannya, jalan terdiri atas jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum dikelompokkan dalam sistem jaringan jalan, fungsi jalan, status jalan, dan kelas jalan. (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan).

##### **A. Pengelompokan jalan berdasarkan sistem jaringan jalan.**

###### **1. Sistem Jaringan Jalan Primer.**

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

###### **2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder.**

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya, sampai ke persil.

##### **B. Pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan.**

###### **1. Jalan Arteri.**



Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

2. Jalan Kolektor.

Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal.

Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

4. Jalan Lingkungan.

Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

C. Pengelompokan jalan berdasarkan status jalan.

1. Jalan Nasional.

Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.

2. Jalan Provinsi.

Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

3. Jalan Kabupaten.

Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

4. Jalan Kota.

Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan Desa.

Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

D. Pengelompokan jalan berdasarkan kelas jalan

1. Jalan Bebas Hambatan (*Freeway*).

Jalan bebas hambatan (*freeway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus/tidak terputus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, dan tanpa adanya persimpangan sebidang, serta dilengkapi dengan adanya pagar ruang milik jalan, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.

2. Jalan Raya (*Highway*).

Jalan raya (*highway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah.

3. Jalan Sedang (*Road*).

Jalan sedang (*road*) adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 7 (tujuh) meter.

4. Jalan Kecil (*Street*).

Jalan kecil (*street*) adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 5,5 (lima setengah) meter.

### **2.1.2 Kerusakan Jalan**

Kerusakan jalan dibedakan menjadi dua yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional.

#### **1. Kerusakan Struktural.**

Kerusakan struktural yaitu kerusakan jalan yang sudah mencapai kegagalan perkerasan atau kerusakan dari satu atau lebih dari komponen perkerasan sehingga menyebabkan perkerasan tidak dapat lagi menanggung beban lalu lintas. Kerusakan ini ditandai dengan kerusakan pada sebagian atau keseluruhan lapisan perkerasan jalan, lebih bersifat progresif. Pada umumnya apabila kerusakan struktural tidak segera ditangani maka akan berkembang cepat menjadi kerusakan yang lebih besar dan berat. Kerusakan struktural biasanya harus diperbaiki dengan membangun ulang perkerasan.

#### **2. Kerusakan Fungsional.**

Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat mengganggu fungsi jalan tersebut. Kerusakan fungsional ini khususnya tergantung pada tingkat kekasaran permukaan. Sifat kerusakan fungsional umumnya tidak progresif, perkerasan masih mampu menahan beban yang bekerja, hanya menyebabkan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan terganggu dan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) meningkat. Kerusakan ini dapat berhubungan atau tidak dengan kerusakan struktural.

Secara garis besar, kerusakan pada perkerasan beraspal dapat dikelompokkan atas empat modus kejadian, yaitu retak, cacat permukaan, deformasi, dan cacat tepi perkerasan (Departemen Pekerjaan Umum, 2005). Untuk masing-masing modus tersebut dapat dibagi lagi ke dalam beberapa jenis kerusakan seperti ditunjukkan pada Tabel 2. 1 Jenis Kerusakan Perkerasan Beraspal.

Tabel 2. 1 Jenis Kerusakan Perkerasan Beraspal

Modus	Jenis	Ciri-ciri
Retak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retak memanjang</li> <li>- Retak melintang</li> <li>- Retak tidak beraturan</li> <li>- Retak selip</li> <li>- Retak blok</li> <li>- Retak buaya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memanjang searah sumbu jalan</li> <li>- Melintang tegak lurus sumbu jalan</li> <li>- Tidak berhubungan dengan pola, tidak jelas</li> <li>- Membentuk parabola atau bulan sabit</li> <li>- Membentuk poligon, spasi jarak &gt; 300 mm</li> <li>- Membentuk Poligon, spasi jarak &lt; 300 mm</li> </ul>
Deformasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alur</li> <li>- Keriting</li> <li>- Amblas</li> <li>- Sungkur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penurunan sepanjang jejak roda</li> <li>- Penurunan regular melintang, berdekatan</li> <li>- Cekungan pada lapis permukaan</li> <li>- Peninggian lokal pada lapis permukaan</li> </ul>
Cacat Permukaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lubang</li> <li>- Delaminasi</li> <li>- Pelepasan butiran</li> <li>- Pengausan</li> <li>- Kegemukan</li> <li>- Tambalan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tergerusnya lapisan aus di permukaan perkerasan yang berbentuk seperti mangkok</li> <li>- Terkelupasnya lapisan tambah pada perkerasan yang lama</li> <li>- Lepasnya butir-butir agregat dari permukaan</li> <li>- Ausnya batuan sehingga menjadi licin</li> <li>- Pelelehan aspal pada permukaan perkerasan</li> <li>- Perbaikan lubang pada permukaan perkerasan</li> </ul>
Cacat tepi perkerasan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerusan tepi</li> <li>- Penurunan tepi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lepasnya bagian tepi perkerasan</li> <li>- Penurunan bahu jalan dari tepi perkerasan</li> </ul>

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2005

### 2.1.3 Perkerasan Jalan

Pada prinsipnya konstruksi perkerasan lentur/beraspal terdiri dari lapisan tanah dasar, lapisan pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapis permukaan seperti pada gambar 2.1 (Sukirman, 1992).

1. Lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan tanah setebal 50 – 100 cm di bawah lapisan pondasi bawah. Dapat berupa tanah asli yang dipadatkan, tanah yang

didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasikan dengan kapur atau bahan lainnya.

2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan yang terletak antara tanah dasar dan lapisan pondasi atas. Berfungsi untuk menyebarkan beban roda ke lapisan tanah dasar.
3. Lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah dengan lapisan permukaan. Berfungsi sebagai pondasi bagi lapisan permukaan dimana pengaruh muatan lalu lintas masih cukup besar, sehingga nilai CBR lebih besar dari lapisan di bawahnya.
4. Lapisan permukaan (*surface course/wearing course*), yang berfungsi sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya, lapis kedap air, dan lapis aus. Agar dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, lapis permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan tahan lama.

## 2.2 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama produksi dan masa pelayanan (Departemen Pekerjaan Umum, 1994). Umumnya aspal dapat diperoleh dari alam maupun residu hasil proses destilasi minyak bumi.

Berdasarkan sumbernya, terdapat dua jenis aspal yaitu aspal yang merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan nama aspal minyak, dan aspal yang terdapat di alam secara alamiah yang disebut aspal alam (Sukirman, 1992).

Aspal minyak dapat dikelompokkan menjadi :

1. Aspal Keras (*Asphalt Cement/AC*).

Aspal yang berbentuk solid pada suhu ruang dan menjadi cair bila dipanaskan, maka didalam penggunaannya perlu dipanaskan terlebih dahulu.

2. Aspal Cair (*Cut Back Asphalt*).

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak seperti minyak tanah, bensin, atau solar, dan berbentuk cair pada suhu ruang.

3. Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*).

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal. Pada proses ini, partikel-partikel aspal keras dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung *emulsifier*.

Agar aspal dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal perlu diuji sifat-sifat teknisnya (Departemen Kimpraswil, 2002), antara lain :

1. Durabilitas.

Durabilitas (awet) yaitu ketahanan terhadap cuaca/iklim/pelapukan dan kerusakan dari beban roda kendaraan yang masuk dalam “*Durable*” (tahan dan awet). Untuk pengujian terhadap usia/pelapukan dilakukan *thin film oven test* dan *rolling film oven test*. Pengujian durabilitas aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa baik aspal untuk mempertahankan sifat-sifat awalnya akibat proses penuaan.

2. Pengerasan dan Penuaan.

Peningkatan kekakuan akibat pengerasan aspal karena oksidasi jangka pendek maupun jangka panjang meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kemampuan untuk menyebarkan beban yang diterima, tetapi di lain pihak akan menyebabkan campuran menjadi lebih getas sehingga akan cepat retak dan akan menurunkan ketahanannya terhadap beban beruang. Untuk mengetahui ketahanan terhadap pengaruh beban berulang digunakan *ductility test* yaitu menarik aspal sampai putus.

3. Kepekaan terhadap Temperatur.

Seluruh aspal bersifat termoplastik yaitu menjadi lebih keras bila temperatur menurun dan melunak bila temperatur meningkat. *Softening point test* merupakan tes untuk mengetahui temperatur pada saat aspal minyak mulai melembek atau mencair sehingga tidak lagi memiliki cukup kekuatan untuk memikul beban tekan, beban tarik, dan geser.

4. Adhesi dan Kohesi.



Uji daktilitas aspal adalah suatu uji kuantitatif yang secara tidak langsung dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan partikel aspal keras untuk melekat satu sama lainnya. Aspal keras dengan nilai daktilitas yang rendah adalah aspal yang memiliki kohesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal yang memiliki nilai daktilitas yang tinggi.

Uji penyelimutan aspal terhadap batuan merupakan uji kualitatif lainnya yang digunakan untuk mengetahui adhesi aspal terhadap batuan.

### **2.3 Campuran Aspal Dingin**

Campuran aspal dingin adalah campuran bahan perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan tertentu dan dicampur dalam keadaan dingin. Untuk melunakkan aspal pada laston bekas agar menjadi cair dan didapatkan viskositas yang rendah untuk memudahkan pencampuran pada batuan diperlukan bahan peremaja (*modifier*). Sedangkan pada campuran aspal panas atau *hot mix* menggunakan pemanasan untuk melunakkan aspalnya. Tujuan dari pemanasan pada campuran aspal panas atau *hot mix* adalah untuk menghilangkan kadar air sehingga aspal dapat melekat dengan baik pada batuan. Sedangkan pada campuran aspal dingin untuk menghilangkan kadar air sangat tergantung dari cahaya sinar matahari pada saat penghamparan di lapangan. Karena itu diperlukan pengendalian pelaksanaan yang lebih ditingkatkan. Hal ini diperlukan untuk menjaga mutu perkerasan yang salah satu faktor gangguannya adalah kadar air yang berlebihan sehingga mengakibatkan aspal yang ada tidak melekat kuat pada batuan dan dapat mempengaruhi stabilitas campuran.

Beberapa keuntungan penggunaan aspal dingin (Emrizal, 2009) diantaranya adalah :

- 1) Dapat digunakan untuk berbagai tipe agregat.
- 2) Tidak memerlukan alat-alat besar dalam pengerjaannya dapat digunakan dengan alat pencampur sederhana.
- 3) Mudah dalam cara pelaksanaannya.
- 4) Sangat ramah lingkungan, karena tidak menimbulkan polusi selama pengerjaannya.

- 5) Campuran dapat disimpan dalam waktu tertentu (tidak cepat mengeras), sangat praktis untuk pekerjaan pemeliharaan rutin seperti penambalan.

Campuran aspal dingin sebagai lapisan permukaan mempunyai nilai struktural dan kedap air.

Agregat yang digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran aspal dingin, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumus perbandingan campuran dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan.

Apabila diperlukan, untuk memenuhi semua ketentuan, dapat ditambahkan *filler*. Yaitu agregat yang lolos saringan No. 200 dan bersifat non plastis. *Filler* bersifat mendukung agregat kasar bersama dengan agregat halus dan *binder*.

Campuran aspal emulsi dingin dengan gradasi rapat atau biasa disebut *Dense Grades Emulsion Mixtures* (DGEMs) adalah campuran dari bitumen emulsi (aspal cair, dingin, dan siap pakai) dengan agregat bergradasi tertutup dicampur sebagai campuran dingin serta mengandung lebih banyak agregat halus dan *filler* dibanding agregat kasar.

Campuran emulsi bergradasi terbuka (*Open Graded Emulsion Mixtures*) yaitu konstruksi yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi terbuka dan aspal emulsi sebagai bahan pengikat, yang dicampur tanpa proses pemanasan. Gradasi terbuka adalah campuran agregat dengan distribusi ukuran butiran sedemikian rupa sehingga pori-pori antar agregat tidak terisi dengan baik.

### **2.3.1 Agregat**

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran yang terdiri dari berbagai butiran atau pecahan. Jumlah agregat campuran perkerasan umumnya adalah 90% - 95% berat, atau 75% - 85% volume (Emrizal, 2009). Sifat agregat harus diperiksa karena merupakan penentu dari kinerja campuran. Pemeriksaan antara lain meliputi :

#### **1. Ukuran Butir.**

Agregat yang digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumus perbandingan campuran, memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan.

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdiri dari yang berukuran besar sampai ke yang kecil. Klasifikasi agregat berdasarkan ukuran butiran :

- Agregat Kasar, agregat yang tertahan ayakan no. 8 (2,36 mm).
- Agregat Halus, agregat yang lolos ayakan no. 8 (2,36 mm).
- Bahan Pengisi/*filler*, fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm).

## 2. Gradasi.

Gradasi merupakan distribusi partikel yang terdistribusi secara menerus dan rapat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan kemudahan pengerjaan dan stabilitas campuran. Gradasi agregat dalam campuran dibedakan menjadi gradasi seragam, gradasi rapat, gradasi terbuka, dan gradasi senjang.

## 3. Kebersihan.

Kebersihan agregat merupakan batasan jenis dan jumlah material yang tidak diinginkan (seperti tanaman, partikel lunak, lumpur, dan lain sebagainya) berada dalam atau melekat pada agregat. Agregat yang kotor akan memberikan pengaruh yang buruk pada kinerja perkerasan, seperti berkurangnya ikatan antar aspal dengan agregat yang disebabkan oleh banyaknya kandungan lempung pada agregat tersebut.

## 4. Daya Tahan Agregat.

Semua agregat yang digunakan harus mampu menahan degradasi dan disintergrasi selama proses produksi dan operasionalnya di lapangan. Degradasi adalah kehancuran agregat akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan, maupun beban lalu lintas. Sedangkan disintegrasi adalah pelapukan agregat akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban dan perbedaan temperatur.

## 5. Bentuk Partikel.

Bentuk partikel dapat mempengaruhi kemudahan pengerjaan campuran perkerasan selama penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur perkerasan selama umur layanan. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan

agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik.

6. Tekstur Permukaan.

Selain memberikan sifat ketahanan terhadap gelincir (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan, tekstur permukaan agregat (baik makro maupun mikro) juga merupakan faktor lainnya yang menentukan kekuatan, kemudahan pengerjaan dan durabilitas campuran beraspal. Permukaan agregat kasar akan memberikan perkuatan pada campuran beraspal karena kekasaran permukaan agregat dapat menahan agregat tersebut dari pergeseran atau perpindahan. Kekasaran permukaan agregat juga akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga akan meningkatkan keamanan kendaraan terhadap slip.

7. Penyerapan.

Porositas agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap oleh agregat. Jika daya serap agregat sangat tinggi, agregat ini akan terus menyerap aspal baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal. Hal ini akan menyebabkan aspal yang berada pada permukaan agregat yang berfungsi untuk mengikat partikel agregat menjadi sedikit sehingga akan menghasilkan film aspal yang lebih tipis.

8. Kelekatan terhadap Aspal.

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap, dan menahan film aspal.

### 2.3.2 Aspal Emulsi

Aspal emulsi merupakan aspal cair yang lebih cair dari aspal cair umumnya dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa.

Aspal emulsi terdiri dari butir-butir aspal halus dalam air yang diberikan muatan listrik, sehingga butir-butir aspal tersebut tidak bersatu dan tetap berada pada jarak yang sama. Karena adanya perbedaan muatan listrik yang diberikan, maka aspal emulsi dapat digolongkan menjadi 3 kategori (Sukirman, 1992) yaitu :

1) Aspal emulsi anionik.

Yaitu aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi anionik sehingga partikel-partikel aspal bermuatan ion negatif.

2) Aspal emulsi kationik.

Yaitu aspal emulsi yang bermuatan listrik positif sehingga baik untuk digunakan melapisi batuan netral dan alam seperti batuan andesit.

3) Aspal emulsi nonionik.

Yaitu aspal emulsi yang tidak bermuatan listrik, karena tidak mengalami proses ionisasi.

Aspal emulsi dapat digunakan pada hampir semua kegunaan dari aspal padat. Secara umum aspal emulsi direncanakan untuk penggunaan spesifik (Dept. PU, 1992), seperti :

a. Aspal emulsi mantap cepat (*Rapid Setting/RS*).

Direncanakan untuk bereaksi secara cepat dengan agregat dan berubahnya emulsi ke aspal.

b. Aspal emulsi mantap sedang (*Medium Setting/MS*).

Direncanakan untuk pencampuran dengan agregat kasar, karena jenis ini tidak akan memecah jika berhubungan dengan agregat sehingga campuran ini tetap dapat dihamparkan dalam beberapa menit.

c. Aspal emulsi mantap lambat (*Slow Setting/SS*).

Direncanakan untuk pencampuran dengan stabilitas maksimum, digunakan dengan agregat bergradasi padat dan mengandung kadar agregat halus yang tinggi.

Dengan berjalannya waktu, saat aspal disimpan lama (sekitar 3 bulan), maka emulsi bisa terlepas (*break*) dan aspal mengendap ke dasar kontainer/drum (Soehartono, 2010). Kadang-kadang dengan cara digoyang-goyang atau digelinding-gelindingkan, ikatan emulsi bisa terbentuk lagi. Tapi yang paling baik adalah sebelum terlepas ikatan emulsinya, aspal tersebut sudah dipakai.

Aspal emulsi dibuat dengan tujuan untuk mencapai viskositas rendah, tanpa harus dipanaskan, sehingga memudahkan untuk pembuatannya. Disamping itu, penggunaan media air dianggap aman terhadap kemungkinan mengganggu

sifat aspal (dibandingkan dengan pelarut hidrokarbon yang dapat membuat aspal menjadi lunak).

Penggunaan aspal emulsi untuk campuran aspal dingin, memiliki elemen kecocokan (*affinity*). Hal ini terutama dipengaruhi oleh kandungan muatan listrik pada permukaan agregat. Secara teori aspal emulsi akan memiliki ikatan lebih baik dengan agregat yang memiliki muatan listrik yang berlawanan (Muliawan, 2011).

Aspal emulsi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif. CSS-1h merupakan jenis aspal emulsi pengikatan lambat dari bahan dasar yang lebih keras daripada aspal emulsi pengikatan lambat biasa. Aspal emulsi jenis CSS-1h memiliki nilai penetrasi residu rendah, biasanya menggunakan aspal keras pen. 40/50 atau pen. 60/70 dengan kadar kerosin dapat dikurangi hingga 0%. Untuk aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif yang dipakai pada penelitian ini menggunakan modifier lateks. Pemilihan modifier dari bahan lateks karena merupakan salah satu alternatif terbaik untuk meningkatkan performa campuran aspal. Menurut Ghaly (2013), aspal emulsi modifikasi lateks memiliki kekuatan ikatan antar muka paling tinggi dibandingkan aspal cair, aspal emulsi biasa, dan aspal cair modifikasi.

Dipilihnya aspal emulsi jenis kationik yang partikel-partikel aspalnya bermuatan listrik positif karena sangat sesuai dengan jenis batu-batuan yang ada yang sebagian besar (80%) terdiri dari batuan silika (bersifat asam) yang bermuatan listrik negatif (Widya Sapta Colas, 2003).

### **2.3.2.1 Komponen Aspal Emulsi**

Ada beberapa komponen utama yang perlu diperhatikan dalam pembuatan aspal emulsi yaitu aspal keras/penetrasi, kerosin (minyak tanah), pengemulsi (*emulsifier*), asam klorida, kalsium klorida, air, dan aditif untuk aspal emulsi (Pedoman Teknik No. 024/T/BM/1999).



### A. Aspal Keras

Aspal keras sebagai bahan baku aspal emulsi dapat berupa aspal pen 60/70 atau pen 80/100. Bahan baku aspal keras harus memenuhi persyaratan seperti pada Tabel 2. 2 Persyaratan Aspal Keras.

Tabel 2. 2 Persyaratan Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Persyaratan Aspal Keras						Satuan
			Pen 40/50		Pen 60/70		Pen 80/100		
			Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	
1.	Penetrasi 25°C, 100 g, 5dtk	SNI 06-2456-91	40	59	60	79	80	100	0,1 mm
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-91			48	58	46	54	°C
3.	Daktilitas 25°C	SNI 06-2432-91	100	-	100	-	100	-	Cm
4.	Kelarutan dalam C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	ASTM D 2042	99	-	99	-	99	-	%
5.	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-91		-	232	-	225	-	°C
6.	Berat jenis	SNI 06-2456-91	1,0	-	1,0	-	1,0	-	
7.	Kehilangan berat (TFOT)	SNI 06-2440-91	-		-	0,8		1,0	%
8.	Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 06-2432-91		-	54	-	-	-	% asli
9.	Daktilitas setelah kehilangan berat	SNI 06-2434-91		-	50	-	50	-	Cm
10.	Titik lembek setelah kehilangan berat	SNI 06-2434-91		-	-	-	-	-	°C
11.	Kadar air	SNI 06-2490-91	0,2	-	-	0,2	-	0,2	%
12.	Kelekatan	SNI 06-2439-91	95	-	95	-	95		%

Sumber : Pedoman Teknik No. 024/T/BM/1999

### B. Kerosin

Dalam pembuatan aspal emulsi, kerosin digunakan untuk memodifikasi aspal keras. Antara lain untuk menurunkan berat jenis dan meningkatkan nilai penetrasi. Persyaratan kerosin disajikan dalam Tabel 2. 3 Persyaratan Kerosin.

Tabel 2. 3 Persyaratan Kerosin

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan		Satuan
		Mill	Nbk	
Titik Nyala	AASHTO T 73	32	-	°C
Berat Isi pada 15°C		0,77	0,83	Kg/l
Penyulingan:	SNI 06-2488-1991			
a. Titik Didih		140	-	°C
b. 50% tersuling		160	200	°C
c. Akhir penyulingan			290	°C

Sumber : Pedoman Teknik No. 024/T/BM/1999

#### C. Pengemulsi (*Emulsifier*)

Pengemulsi berupa larutan yang dipergunakan untuk memberikan muatan listrik pada permukaan butiran aspal dalam sistem emulsi. Larutan pengemulsi ini juga akan mempermudah penyebaran butiran aspal ke dalam air dan mempertahankan supaya butiran-butiran aspal tidak melekat satu sama lain, sehingga terbentuk larutan suspensi yang homogen.

Molekul-molekul aspal yang terapung pada media air dimungkinkan karena adanya *emulsifier*, apabila emulsi pecah (*break*) maka air akan menguap dan aspal akan tinggal menempel pada substrat yang ada (Soehartono, 2010).

#### D. Asam Klorida

Penggunaan asam klorida dalam aspal emulsi kationik tergantung pada jenis bahan pengemulsi yang digunakan. Asam klorida ditambahkan pada larutan bahan pengemulsi yang aktif pada pH di bawah 7.

Asam klorida yang digunakan tidak boleh tercemar senyawa-senyawa yang dapat merusak aspal emulsi kationik diantaranya garam-garam alkali, sabun, detergen, dan minyak.

#### E. Kalsium Klorida

Kalsium klorida dalam aspal emulsi dapat mencegah pengaruh garam-garam alkali dalam jumlah yang sedikit. Kalsium klorida dapat memodifikasi larutan emulgator hingga memiliki berat jenis yang lebih tinggi mengimbangi

berat jenis fasa padat. Kalsium klorida yang digunakan tidak boleh tercemar senyawa-senyawa yang dapat merusak aspal emulsi kationik.

#### F. Air

Air merupakan bagian terbanyak dalam fasa cair aspal emulsi. Air yang digunakan untuk pembuatan aspal emulsi adalah air bersih yang tidak tercemari oleh senyawa-senyawa yang dapat merusak aspal emulsi kationik.

#### G. Aditif

Selain bahan baku yang telah diuraikan diatas, untuk memperbaiki karakteristik aspal emulsi kationik dapat digunakan bahan tambahan lain seperti *Thixotropic agents*, *Breaking agents*, dan polymer.

### 2.3.2.2 Karakteristik Aspal Emulsi

Aspal emulsi berwujud cair dengan warna coklat kehitaman, termasuk tipe emulsi minyak dalam air dimana bitumen terdispersi dalam air. Atau dikenal juga sebagai *direct emulsion*.

Menurut Mertens (1985), beberapa senyawa yang lazim digunakan sebagai *emulsifier* antara lain : *mono amines*, *amido amines*, *quaternary ammonium*, *alkylxylatil amines*, dan *amino amines*. Dari beberapa senyawa ini, perlu direaksikan terlebih dahulu dengan asam sebelum berfungsi. Biasanya digunakan *hydrochloric acid* seperti HCl (asam chlorida). Reaksi yang timbul saat *emulsifier* dicampurkan dengan HCl seperti terlihat pada persamaan :



Dimana : R = rantai hidrokarbon dengan 8-22 atom C yang bersifat  
*lipophilic/hyrophobic*  
*NH<sub>3</sub>CL* = senyawa bersifat *hydrophilic*.

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa molekul *emulsifier* kationik terdiri atas dua bagian, yaitu bagian yang bersifat polar (NH<sub>3</sub><sup>+</sup> dan Cl) dan bagian yang bersifat non polar (R = rantai hidrokarbon).

Dalam aspal emulsi, partikel-partikel bitumen yang non polar melarutkan bagian non polar *emulsifier*, sedangkan bagian polar *emulsifier* (ion  $\text{NH}_3^+$ ) akan membentuk lapisan menyelimuti partikel-partikel bitumen (Sferb, 1991). Dengan demikian partikel-partikel bitumen dalam aspal emulsi seolah-olah bersifat polar bermuatan listrik positif (karena pengaruh ion  $\text{NH}_3^+$ ). Selanjutnya ion Cl akan tertarik oleh permukaan partikel bitumen yang bermuatan listrik positif dan terjadilah ikatan yang kuat antara ion  $\text{NH}_3^+$  dengan ion Cl membentuk  $\text{NH}_3\text{Cl}$ .

Kondisi inilah yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan aspal emulsi. Oleh karenanya meskipun bitumen yang bersifat non polar tidak dapat larut dalam air yang bersifat polar, dengan adanya *emulsifier* keduanya dapat bercampur dengan baik dalam bentuk emulsi (Scan Road, 1991).

Menurut Soehartono (2010), ada beberapa sifat aspal emulsi yang perlu diperhatikan :

- Viskositas
- *Storage stability*, dan
- *Adhesivity* dari emulsi.

#### **2.3.2.3 Mekanisme Penggabungan Butiran Aspal Emulsi dan Pelekatan ke Permukaan Agregat (Plotnikova, 1993).**

Pada awalnya pengemulsi bebas (*free emulsifier*) pada suatu sistem emulsi diserap ke permukaan agregat, kemudian diikuti oleh *emulsifier* lain sesuai dengan luas permukaan agregat (jumlah agregat). Hal ini mengakibatkan kestabilan butir aspal makin berkurang dan akhirnya menggabung. Diikuti dengan adanya penguapan cairan, mengakibatkan butiran-butiran aspal yang sudah menggabung melekat pada permukaan agregat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penggabungan butir aspal emulsi antara lain :

1. Penyerapan bahan pengemulsi ke permukaan agregat

Mekanisme ini terjadi akibat adanya muatan listrik berlawanan pada bahan pengemulsi dan permukaan agregat yang dapat mengakibatkan tidak stabilnya butiran aspal dalam emulsi yang kemudian menggabung satu sama lainnya.

2. Pergerakan butiran aspal menuju permukaan agregat

Dalam hal ini butiran aspal yang dikelilingi bahan pengemulsi, bergerak menuju permukaan agregat yang mempunyai muatan listrik berlawanan. Konsentrasi butiran aspal pada permukaan agregat mengakibatkan terjadinya penggabungan dan kemudian menyelimuti permukaan agregat.

### 3. Perubahan pH

Beberapa jenis agregat seperti batu kapur, *filler* dari batu kapur, atau semen dapat menetralkan asam pada aspal emulsi kationik dan meningkatkan nilai pH. Hal ini dapat mengakibatkan tidak stabilnya emulsi sehingga terjadi penggabungan butiran aspal.

### 4. Penguapan air

Adanya penguapan air, butiran aspal menjadi terkonsentrasi, sehingga mengakibatkan bergabungnya butiran aspal. Penguapan bisa merupakan mekanisme penggabungan butir yang utama untuk jenis aspal emulsi yang bereaksi sangat lambat.

#### **2.3.2.3 Kendala Penggunaan**

Menurut Soehartono (2010), terdapat beberapa kendala penggunaan aspal emulsi, yaitu :

##### **A. Batasan Waktu**

Aspal emulsi punya batas waktu penyimpanan (*storage stability*) sekitar 3 bulan, bila waktu tersebut dilampaui maka aspal emulsi telah *break*, memisah antara air dengan aspalnya, sehingga akan timbul kesulitan dalam aplikasinya, dan menggumpal. Untuk daerah-daerah terpencil yang seharusnya banyak memerlukan, pengangkutannya saja membutuhkan waktu yang dapat mencapai 3 bulan dalam proses pengirimannya.

##### **B. Rawan Manipulasi**

Karena mengandung air 40%, maka aspal emulsi mudah sekali dicampur lagi dengan tambahan air oleh orang yang tidak bertanggung jawab. Hal itu pernah terjadi di salah satu proyek di Kalimantan Tengah sehingga saat itu aspal emulsi tidak lagi digunakan dilingkungan Bina Marga.

#### C. Mudah Melunak

Aspal emulsi sulit untuk dinaikkan titik lembeknya karena dalam proses pencampuran aspal dengan *emulsifier* dan air akan terjadi gumpalan. Beberapa pengalaman penggunaan aspal emulsi di jalan tol Jakarta – Cikampek (*slurry seal*) terjadi pelelehan (*bleeding*) dalam waktu singkat.

#### D. Kesulitan Produksi

Karena jarak angkutan menjadi salah satu kendala penting maka pemusatan produksi aspal emulsi di suatu tempat akan menyulitkan pasokan. Sebaliknya bila di tiap propinsi diadakan unit pencampuran aspal emulsi akan memberatkan investasi karena mesin *Colloid Mill* kapasitas besar sangat mahal harganya, ditambah pasar yang belum tumbuh.

#### **2.3.2.4 Produksi Aspal Emulsi**

Aspal emulsi diproduksi pada instalasi khusus dengan alat utama *colloid mill*. Aspal keras dipanaskan kemudian dipecah dalam *colloid mill* melalui gerakan rotor dan stator, hingga ukuran butir aspal menjadi 2-5 mikron. Kemudian secara simultan ke dalam *colloid mill* dialirkan air yang sudah dicampur dengan bahan pengemulsi (*emulsifier*), larutan asam untuk mengatur pH, dan bahan aditif yang diperlukan. Larutan pengemulsi memberikan muatan listrik yang sama pada permukaan butiran aspal emulsi sehingga butiran aspal emulsi tidak bergabung karena adanya gaya saling tolak menolak. Hal ini memberikan kestabilan aspal emulsi (Muliawan, 2011).

#### **2.3.2.5 Penyimpanan Aspal Emulsi**

Untuk penyimpanan aspal emulsi dengan jangka waktu yang cukup lama, aspal emulsi yang tersimpan di dalam drum sebaiknya dibalik sesekali untuk menghomogenkan kembali butiran aspal emulsi ataupun dapat juga dengan melakukan pengadukan.

Aspal emulsi dalam penyimpanan dapat dikatakan stabil bila tidak ada indikasi pengendapan. Pengendapan terjadi karena aspal emulsi memiliki kepadatan yang sedikit lebih besar dari air.

Akibat adanya gravitasi, butiran aspal terutama dengan ukuran yang lebih besar akan cenderung tertarik ke bawah. Tipe emulsi yang *slow setting* bisa tetap stabil dalam jangka waktu 3-6 bulan, bila tidak ada penguapan air, tidak ada kontaminasi elektrolit, dan bahan pengemulsi tidak mengalami perubahan/pengurangan stabilitas. Stabilitas aspal emulsi masih dikatakan memuaskan apabila sedimentasi yang terjadi masih bisa dihomogenkan lagi dengan pengadukan (Muliawan, 2011).

#### **2.3.2.6 Penggunaan Aspal Emulsi**

Penggunaan aspal emulsi untuk berbagai kebutuhan dalam konstruksi perkerasan jalan biasanya disesuaikan dengan jenisnya. Campuran beraspal dingin ditujukan untuk ruas-ruas jalan yang melayani lalu lintas sedang, yaitu untuk lalu-lintas rencana  $< 1$  juta ESA atau LHR  $< 1000$  kendaraan dan jumlah truk maksimum 5%, seperti jalan-jalan kabupaten (Buku Pedoman No. 01-05 Bina Marga, 2006).

### **2.4 Aspal Modifikasi**

Aspal modifikasi adalah aspal minyak yang ditambah dengan beberapa aditif dengan maksud untuk meningkatkan kinerjanya. Aspal minyak yang ada di pasar sekarang ada kecenderungan kehilangan beberapa sifat yang sangat dibutuhkan untuk fungsinya sebagai bahan pengikat agregat batuan pada lapisan perkerasan (Soehartono, 2010).

Awal kesadaran tentang hal itu adalah pelunakan aspal akibat pemanasan permukaan jalan yang jauh lebih tinggi dari apa yang dikenal di negara sub tropik yang beranggapan panas permukaan jalan tidak akan lebih dari 60°C (Asphalt Institute). Berbagai cara dan jenis aditif dicoba untuk ditemukan agar titik lembek aspal yang ada di pasar dapat dinaikkan dari 48°C menjadi paling tidak 55°C atau bahkan lebih tinggi untuk mengantisipasi permukaan beton aspal yang menderita panas permukaan tinggi, beban as berat, kendaraan berjalan lambat, dan alur ban bergerak seperti berjalan di atas rel kereta api (kanalisasi) (Soehartono, 2010).

Aspal modifikasi diharapkan akan memperbaiki kelemahan dan kekurangan yang terdapat pada aspal biasa, menambah kemampuan aspal agar

tidak terlalu banyak terpengaruh oleh temperatur (dengan meningkatkan titik lembek atau mendorong Indek Penetrasi ke arah positif) dan menambah kelengketan bila aspal yang ada memang kurang daya lengketnya. Analisa sementara menunjukkan dua faktor ini yang harus paling diperhatikan untuk spesifikasi aspal modifikasi untuk pemakaian di Indonesia (Soehartono, 2010).

Sifat aspal modifikasi yang belum seluruhnya dan secara tajam dapat distandarkan spesifikasinya saat ini akibat masih dalam tingkat pengembangan dan usaha mencapai harga ekonomis dengan mencoba berbagai macam jenis aditif, serta variasi dari permintaan (terutama tinggi rendahnya Titik Lembek yang diminta), maka sifat individu aspal modifikasi harus dinyatakan dalam setiap pasokan jenis dan merek tertentu dari pabrik tertentu (Soehartono, 2010).

## **2.5 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)**

RAP adalah material hasil pengupasan atau pemrosesan ulang perkerasan yang berisi aspal dan agregat. Material ini timbul jika perkerasan aspal dikupas untuk direkonstruksi, pelapisan ulang, atau untuk mengakses jaringan utilitas yang tertanam di bawahnya. Jika dikupas dan disaring dengan baik, RAP mengandung agregat yang bermutu tinggi dan bergradasi baik (NAPA, 1996).

Pengupasan permukaan perkerasan dengan menggunakan *Cold Milling Machine* dapat mengupas sampai dengan ketebalan 50 mm (2 inchi) dalam sekali jalan. *Full-depth removal* melibatkan proses pengoyakan dan penghancuran perkerasan dengan menggunakan *bulldozer* atau menggunakan penghancur perkerasan *pneumatic*. RAP kemudian diangkat dan dimuat ke dalam truk pengangkutan dengan *front-end loader* dan dikirim ke *plant*, untuk selanjutnya diproses melalui serangkaian kegiatan untuk dijadikan campuran baru yang lain. Selain dipergunakan untuk bahan campuran beraspal, RAP dipergunakan sebagai *base* pada bahu jalan atau ditimbun (NAPA, 1996).

Bahan campuran beraspal yang mengandung RAP harus memenuhi spesifikasi sebagaimana campuran aspal yang terbuat dari material baru. Untuk itu di dalam perencanaan campuran aspal yang mengandung RAP, gradasi dan sifat-sifat fisik agregat dan aspal yang terkandung dalam RAP harus diketahui terlebih dahulu. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan dengan melakukan ekstraksi



RAP dengan pelarut tertentu untuk memisahkan agregat aspal dan aspal yang terkandung di dalamnya. Larutan aspal tersebut kemudian didestilasi atau di *recovery* untuk memisahkan aspal dari pelarutnya. Agregat yang diperoleh kemudian diayak untuk mengetahui gradasinya dan aspalnya diuji sifat-sifat fisiknya (NAPA, 1996).

RAP biasanya mengandung agregat dengan ukuran banyak yang lebih kecil sehingga perlu dilakukan penambahan agregat baru yang ukuran dan jumlahnya tertentu agar memenuhi spesifikasi gradasi yang berlaku. Setelah gradasi gabungan dan jumlah RAP ditentukan maka dilanjutkan dengan penentuan aspal baru untuk mencapai sifat-sifat aspal yang diinginkan dalam campuran (NAPA, 1996).

## **2.6 Penyiapan Agregat**

### **2.6.1 Pengambilan Contoh Agregat**

Berdasarkan SNI 03-6889-2002, sumber agregat dapat berasal dari sumber agregat potensial, sumber batuan kompak, tumpukan agregat berbentuk kerucut, tumpukan agregat berbentuk trapesium, agregat dari ban berjalan, agregat dari pengangkutan dan agregat dari hamparan lapangan.

Jumlah contoh dan ukuran dari masing-masing sumber agregat sesuai dengan Tabel 2. 4 Jumlah dan Ukuran Contoh.

Tabel 2. 4 Jumlah dan Ukuran Contoh

Ukuran Nominal Agregat Maksimum	Prakiraan Jumlah Minimum Contoh dari Lapangan (kg)
Agregat Halus	
No. 8 (2,36 mm)	10
No. 4 (4,75 mm)	10
Agregat Kasar	
3.8 Inchi (9,5 mm)	10
½ Inchi (12,5 mm)	15
¾ Inchi (19,0 mm)	25
1 Inchi (25,0 mm)	50
1 ½ Inchi (37,5 mm)	75
2 Inchi (50,0 mm)	100
2 ½ Inchi (63 mm)	125
3 Inchi (75 mm)	150
3 ½ Inchi ( 90 mm)	175

Sumber : SNI 03-6889-2002

### 2.6.2 Tata Cara Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat

Menurut SNI 13-6717-2002, tata cara ini membahas ketentuan dan cara penyiapan benda uji agregat dari suatu contoh agregat benda uji yang dihasilkan mempunyai sifat sama dengan contohnya. Lingkup tata cara mencakup, penyiapan benda uji dari contoh yang datang dari lapangan disesuaikan dengan kondisi agregat serta jumlah benda uji yang diperlukan.

Standar ini mengacu pada standar American Association of State and Transportations Official, Part II Tests 1990 : *Standard Method of Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size*. AASHTO T.24898.

Prinsip yang harus diperhatikan dalam penyiapan benda uji dari contoh agregat adalah :

1. Keharusan pengambilan contoh agregat yang mewakili kelompok agregat yang sama pentingnya dengan pengujian itu sendiri.

2. Banyaknya contoh agregat yang diambil dari kelompok agregat di lapangan harus diprogramkan sesuai dengan jenis pengujian yang akan dilaksanakan.
3. Benda uji harus dipersiapkan sehingga mempunyai sifat yang sama dengan contoh agregat.
4. Sesuai dengan poin 3 di atas, bila contoh agregat terdiri lebih dari satu wadah, maka benda uji harus disiapkan dari campuran seluruh contoh agregat yang ada.
5. Bila dalam contoh agregat hanya mengandung beberapa butir fraksi tertentu sehingga kalau contoh dibagi, bagian tersebut tidak dapat terbagi rata, maka contoh harus diuji seluruhnya sebagai satu benda uji.

Metode penyiapan benda uji selengkapnya diberikan pada Lampiran I.

## **2.7 Spesifikasi Teknis Bahan dan Campuran Aspal Dingin**

Spesifikasi teknis yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Bina Marga edisi 2010 yang digunakan untuk pekerjaan konstruksi dan perencanaan teknis Jalan dan Jembatan yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

### **2.7.1 Agregat**

#### **2.7.1.1 Agregat Kasar.**

Agregat kasar harus terdiri dari atas bahan yang bersih, keras, awet, dan bebas dari kotoran dan bahan-bahan lain yang tidak diinginkan, serta harus memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Kasar.

Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran	SNI 2417 : 2008	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

#### **2.7.1.2 Agregat Halus.**

Agregat halus harus terdiri atas butiran yang bersih, keras, dan bebas dari gumpalan atau bola lempung, atau bahan lain yang tidak diinginkan. Batu pecah halus yang dihasilkan dari pemecahan batu harus memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Kasar. Dalam segala hal, pasir yang kotor dan berdebu serta mempunyai partikel lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) lebih dari 8% atau pasir yang mempunyai nilai setara pasir (*sand equivalent*) kurang dari 50 sesuai dengan SNI 03-4428-1997, tidak diperkenankan untuk digunakan dalam campuran.

#### **2.7.1.3 Bahan Pengisi (*filler*).**

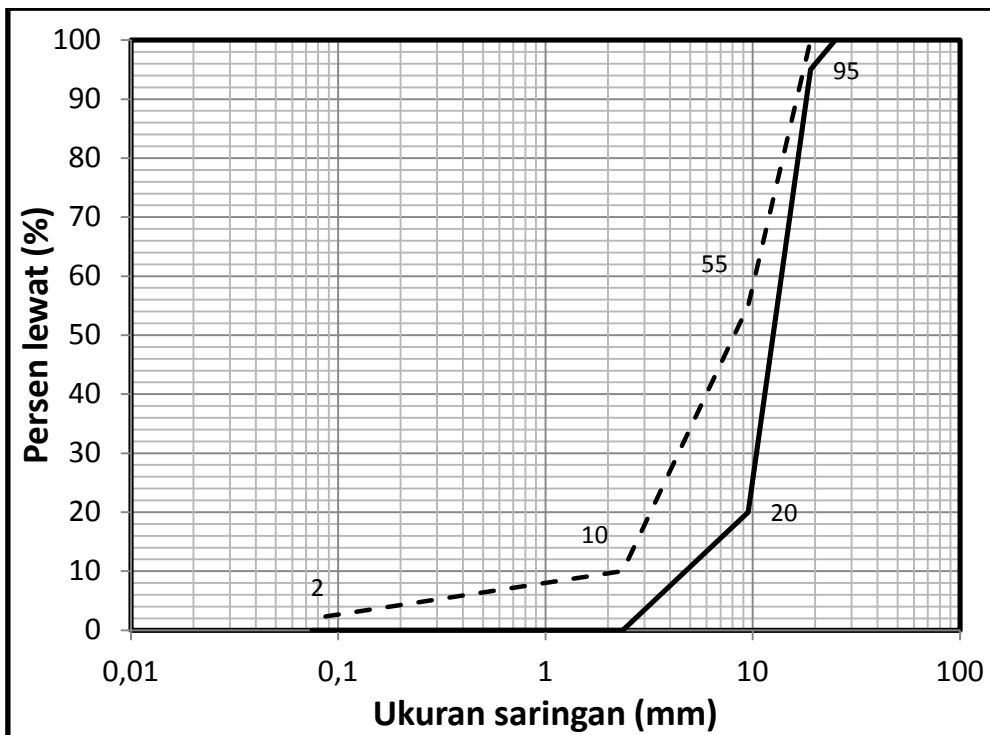
Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust, Calcium Carbonate, CaCO<sub>2</sub>*), atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari Asbuton. Jika digunakan Aspal Modifikasi dari jenis Asbuton yang diproses maka bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) haruslah berasal dari mineral yang diperoleh dari Asbuton tersebut.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. Mineral Asbuton harus

mengandung bahan yang lolos ayakan No. 100 (150 micron) tidak kurang dari 95% terhadap beratnya.

#### 2.7.1.4 Amplop Gradasi Agregat

Pemeriksaan terhadap sifat-sifat agregat adalah untuk menjamin kualitas dari agregat itu sendiri, maka hal yang perlu juga dilakukan adalah pemeriksaan gradasi campuran dari agregat-agregat yang dicampur untuk menyusun perkerasan jalan. Amplop gradasi agregat untuk OGEMs (*Open Graded Emulsion Mixtures*) dapat dilihat pada Gambar 2. 1 Amplop Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Dingin.



Gambar 2. 1 Amplop Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Dingin

Keterangan :    ---        : Batas Atas  
                     —        : Batas Bawah

Batas atas dan batas bawah merupakan persen berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran. Gradasi campuran aspal dingin harus memenuhi

ketentuan dalam Tabel 2. 8 Ketentuan Campuran Dingin, Komposisi, dan Sifat Campuran.

### 2.7.2 Aspal Dingin

Bahan aspal boleh aspal cair atau aspal emulsi yang memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2. 6 Bahan Aspal Untuk Campuran Aspal Dingin. Tujuan dari spesifikasi adalah untuk mendapatkan mutu aspal yang memenuhi persyaratan fisis untuk perencanaan dan pelaksanaan pembangunan jalan.

Untuk bahan aspal dengan menggunakan aspal cair, aspal cair yang dipakai adalah aspal cair penguapan sedang. Aspal cair penguapan sedang adalah aspal cair yang diperoleh dengan cara melarutkan aspal dengan minyak bumi jenis minyak tanah. Sedangkan untuk bahan aspal yang menggunakan aspal emulsi, aspal emulsi yang dipakai menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 adalah aspal emulsi kationik.

Tabel 2. 6 Bahan Aspal Untuk Campuran Aspal Dingin

Rancangan Campuran	Standar Rujukan	Jenis Aspal Cair atau Emulsi	
		C	E
Aspal Cair	SNI 03-4799-1998	MC 250 MC 800	-
Aspal Emulsi	SNI 03-4798-1998	-	CMS2 CMS2-h CSS1

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

#### 2.7.2.1 Aspal Emulsi Modifikasi

Aspal yang dimodifikasi haruslah jenis Asbuton, dan elastomerik latex atau sintetis. Aspal emulsi modifikasi yang digunakan harus memenuhi Tabel 2. 7 Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik

No	Sifat-sifat	Pengikatan Cepat				Pengikatan Sedang				Pengikatan Lambat			
		(CRS-1)		(CRS-2)		(CMS-2)		(CMS-2h)		(CSS-1)		(CSS-1h)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1.	Kekentalan pada suhu 250°C (detik)	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100
	Kekentalan pada suhu 50°C (detik)	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-
2.	Pengendapan 1 hari (%)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
	Pengendapan 5 hari (%)	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
3.	Pemisahan 35 ml 0,8 (%) sodium dioctylsulfosuccinate (%)	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	Daya tahan terhadap air:												
	a. Lapisan batu kering	-	-	-	-	80%	100%	80%	100%	-	-	-	-
	b. Lapisan batu kering setelah semprotan air	-	-	-	-	60%	80%	60%	80%	-	-	-	-
	c. Lapisan batuan basah	-	-	-	-	60%	80%	60%	80%	-	-	-	-
	d. Lapisan setelah semprotan air	-	-	-	-	60%	80%	60%	80%	-	-	-	-
5.	Muatan Listrik					Positif							
6.	Hasil uji campuran semen (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	20
7.	Analisa saringan (%)	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10
8.	Penyulingan :												
	a. Sisa destilasi (%)	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-
	b. Kadar minyak (%)	-	3	-	3	-	12	-	12	-	-	-	-
9.	Sisa Penyulingan :												
	a. Penetrasi 25°C 100 g, 5 detik	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
	b. Daktilitas 25°C, 5 cm/menit	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
	c. Kelarutan terhadap trichloroethylene (%) berat	97,5	-	97,5	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	-
10.	Klasifikasi	100%	-	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber : SNI 03-4798-1998

### 2.7.3 Campuran Aspal Dingin

Campuran harus memenuhi resep yang diberikan dalam Tabel 2. 8  
Ketentuan Campuran Dingin, Komposisi, dan Sifat Campuran.

Tabel 2. 8 Ketentuan Campuran Dingin, Komposisi, dan Sifat Campuran

URAIAN		KELAS CAMPURAN			
		C/10	C/20	E/10	E/20
Ukuran butiran nominal maksimum (mm)		9,5	19	9,5	19
Jenis Gradasi		Semi padat	Semi padat	Terbuka	Terbuka
Ketebalan lapisan nominal minimum (mm)		20	40	20	40
GRADASI					
ASTM	(mm)	% Berat Yang Lolos			
1”	25		100		100
¾”	19	100	95 – 100	100	95 – 100
3/8”	9,5	85 – 100	60 – 75	85 – 100	20 – 55
N0. 8	2,36	15 – 25	15 – 25	0 – 10	0 -10
No. 200	0,075	3 – 5	3 – 5	0 – 2	0 – 2
RESEP CAMPURAN					
Kadar aspal residu minimum (% terhadap berat total campuran)		5,6	5,3	4,8	4,2
CAMPURAN RANCANGAN					
Batas kadar bitumen residual (% terhadap berat total campuran)		≥ 5,5	≥ 5,5	3,9 – 6,2	3,3 – 5,5
Kadar efektif bitumen minimum (% terhadap berat total campuran)		≥ 5,0	≥ 4,5	(*)	(*)
Ketebalan efektif film bitumen minimum		10	10	20	20

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Catatan :

- (\*) : kadar aspal harus dioptimasi.
- Kadar aspal residu = kadar aspal efektif + % aspal yang diserap agregat.
- Untuk memperoleh kadar aspal cair, maka kalikan aspal residu dengan :
 
$$\frac{100}{100 - \% \text{ minyak tanah dalam aspal cair}} \dots\dots\dots (2.2)$$
- Untuk memperoleh kadar aspal emulsi, maka kalikan kadar aspal residu dengan :
 
$$\frac{100}{100 - \% \text{ air dalam aspal emulsi}} \dots\dots\dots (2.3)$$
- Pengujian harus dilaksanakan untuk menentukan Kadar Aspal Residu dan Kadar Aspal Efektif.



Rumusan campuran rancangan (*Design Mix Formula*) yang dibuat harus memenuhi semua sifat-sifat campuran beraspal dingin sesuai dengan Tabel 2. 9 Persyaratan Campuran Beraspal Dingin.

Tabel 2. 9 Persyaratan Campuran Beraspal Dingin

Sifat Campuran	Persyaratan
Stabilitas Marshall pada 22°C, (kg)	Min. 450
Stabilitas sisa setelah perendaman 4 x 24 jam (%)	Min. 60
Tebal film aspal, mikron	Min. 20
Penyelimutan agregat kasar, %	Min. 75

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga

## 2.8 Pengujian Campuran

Dalam perencanaan campuran aspal dingin diperlukan pengujian bahan yang digunakan meliputi analisa ayakan, berat jenis, dan semua jenis pengujian lainnya sebagaimana yang disyaratkan untuk semua agregat yang digunakan, serta pengujian bahan aspal. Selanjutnya untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter sifat-sifat campuran beraspal dingin sesuai dengan Tabel 2. 9 Persyaratan Campuran Beraspal Dingin dilakukan pengujian Marshall.

Untuk mengetahui komposisi material pada campuran maka diperlukan pemeriksaan terhadap bahan RAP. Pemeriksaan tersebut adalah pemeriksaan gradasi dan ekstraksi bahan RAP.

Prosedur pengujian Marshall didasarkan pada SNI 06-2489-1991. Pengujian ini untuk campuran aspal dengan agregat ukuran maksimum 2,54 cm. Pengujian Marshall dimulai dengan persiapan benda uji.

Untuk keperluan tersebut perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan masuk spesifikasi.
2. Kombinasi agregat memenuhi gradasi yang disyaratkan.
3. Untuk keperluan analisa volumetrik, berat jenis dari semua agregat yang digunakan pada kombinasi agregat, dan berat jenis aspal harus dihitung terlebih dahulu.

Ukuran benda uji berdiameter 10,16 cm dengan tinggi kira-kira 63,5 mm ± 1,27 mm, yang dipersiapkan dengan menggunakan prosedur khusus untuk pemanasan, pencampuran, dan pemadatan campuran agregat dengan aspal.

Untuk menentukan kadar aspal optimum, kadar aspal campuran harus divariasikan dengan nominal 1% dan 2 % di atas dan di bawah perkiraan kadar aspal (Pedoman No. 001-05/BM/2006).

Kadar aspal nominal yang diperkirakan adalah aspal dan residu dari aspal emulsi setelah kandungan airnya menguap. Kadar aspal emulsi perkiraan yang direncanakan menggunakan rumus :

$$KAE = \left( \frac{PA}{X} \right) \% \dots\dots\dots(2.4)$$

$$PA = (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

KAE = kadar aspal emulsi efektif perkiraan terhadap agregat

PA = kadar aspal residu efektif perkiraan terhadap berat agregat

AK = persentase agregat kasar tertahan saringan No. 8

AH = persentase agregat halus lolos saringan No. 8 tertahan No. 200

F = persentase agregat lolos saringan No. 200

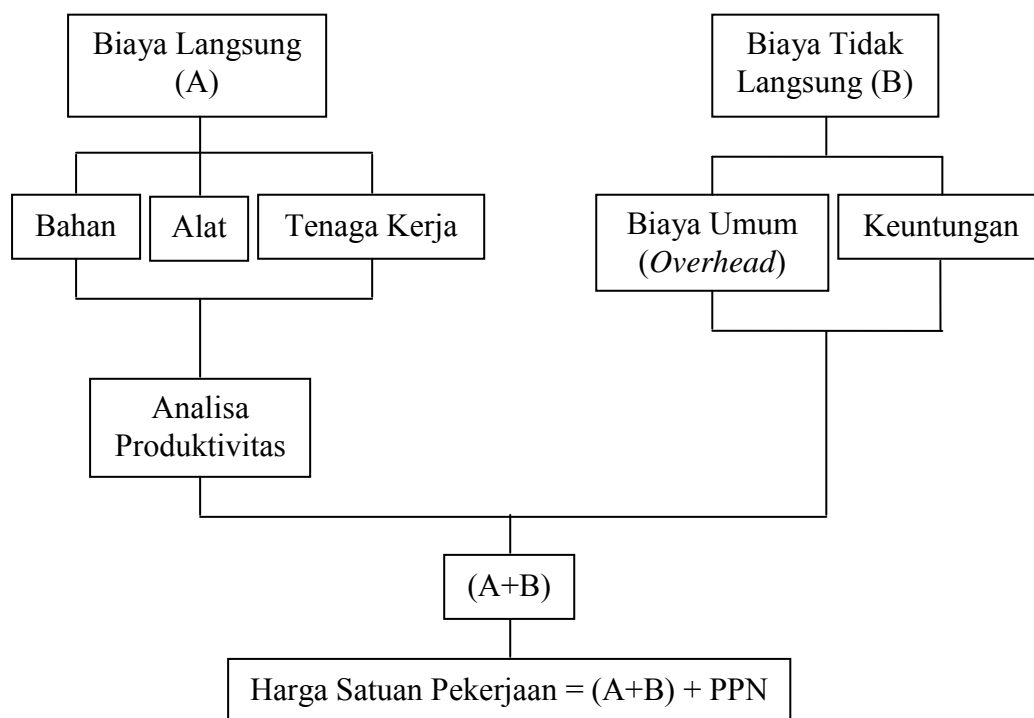
Dua parameter penting pada perencanaan campuran dengan pengujian Marshall adalah analisa volumetrik dan analisa stabilitas dari benda uji padat. Stabilitas Marshall adalah beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur, dan pelelehan Marshall adalah deformasi permanen dari sampel sebelum hancur.

Uji perendaman Marshall merupakan uji lanjutan dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu. Tingkat durabilitas campuran dapat dilihat dari nilai Stabilitas Sisa rendaman Marshall yang merupakan hasil bagi nilai stabilitas Marshall setelah perendaman selama 4 x 24 jam pada temperatur ruang atau divacum selama 60 menit di dalam *desicator* pada 100 mm Hg dan direndam dalam air selama 60 menit pada temperatur ruang dengan nilai stabilitas Marshall kondisi standar. Semakin besar nilai stabilitas sisa semakin besar durabilitas campuran tersebut (Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

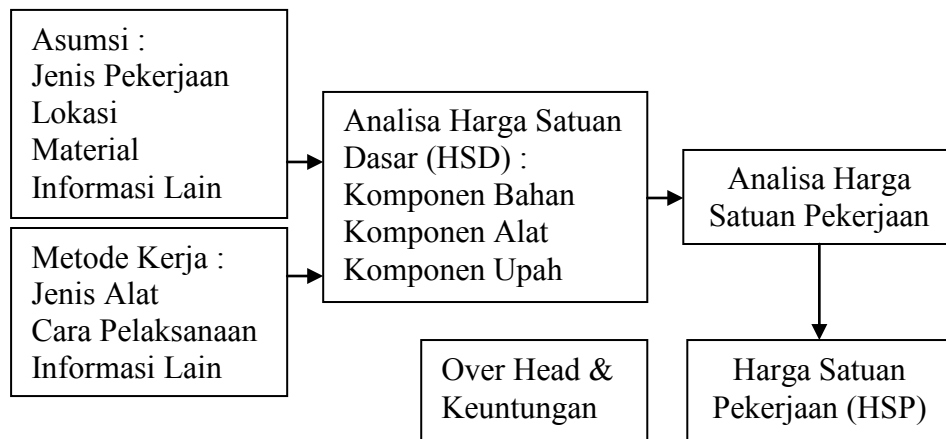
## 2.9 Analisa Biaya

Analisa biaya pada penelitian ini berdasarkan Panduan Analisa Harga Satuan (PAHS) Direktorat Jenderal Bina Marga 2010. Analisa harga satuan menguraikan suatu perhitungan harga satuan bahan dan pekerjaan secara teknis dirinci secara detail berdasarkan suatu metode kerja dan asumsi-asumsi yang sesuai dengan yang diuraikan dalam spesifikasi teknik, gambar desain, dan komponen harga satuan.

Harga satuan pekerjaan terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Komponen biaya langsung terdiri atas upah, bahan, dan alat. Komponen biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum atau *overhead* dan keuntungan. Biaya *overhead*, besarnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Dirjen Bina Marga, 2010) seperti terlihat pada Gambar 2. 2 Komponen Harga Satuan Pekerjaan (Dirjen Bina Marga, 2010) dan Gambar 2. 3 Metode Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) (Dirjen Bina Marga, 2010).



Gambar 2. 2 Komponen Harga Satuan Pekerjaan (Dirjen Bina Marga, 2010)



Gambar 2. 3 Metode Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) (Dirjen Bina Marga, 2010)

## 2.10 Penelitian Terdahulu

1. Netty Herawati (2012), melakukan penelitian laboratorium untuk analisis penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai bahan campuran beraspal panas (*Asphaltic Concrete*) dengan menggunakan aspal modifikasi. Hasilnya adalah tambahan RAP sebagai bahan campuran beraspal panas yang memenuhi seluruh persyaratan sifat-sifat campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi ada pada rentang 0% - 20%. Keuntungan campuran beraspal panas dengan tambahan RAP 20% sebanyak 14,89% dengan aspal modifikasi Asbuton Yang Diproses dan 15,51% dengan aspal modifikasi Elastomer Sintetis.

Perbedaan dengan penelitian ini adalah :

- Penelitian ini menganalisa penggunaan RAP sebagai bahan campuran aspal dingin.
2. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Emrizal dalam “Pemanfaatan Material Daur Ulang Aspal Beton Untuk Material Aspal Beton Campuran Dingin Memakai Aspal Emulsi” pada tahun 2009, didapatkan bahwa karakteristik dan sifat-sifat struktur material dari bahan bongkaran aspal beton sesuai hasil pemeriksaan ekstraksi sudah mengalami degradasi dengan kadar aspal pada RAP adalah 4,8%. Campuran dingin aspal beton untuk *Dense Graded Emulsion Mixtures* (DGEMs) dengan kadar RAP sebesar 90% untuk

campuran gradasi agregat yang diekstraksi, dan 95% untuk campuran gradasi agregat tanpa ekstraksi menghasilkan nilai stabilitas Marshall  $> 800$ .

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

- Bahan RAP yang dipergunakan berasal dari hasil pengupasan lapisan perkerasan Jalan Kolonel H. Burlian Palembang.
- Aspal yang digunakan berupa aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h Modif.
- Pada penelitian ini RAP direncanakan di daur ulang dengan campuran aspal dingin jenis *Open Graded Emulsion Mixtures* (OGEMs).
- Penelitian ini juga meninjau penggunaan RAP dari segi biaya.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Kegiatan penelitian ini secara garis besar dibagi dalam dua tahapan, yaitu :

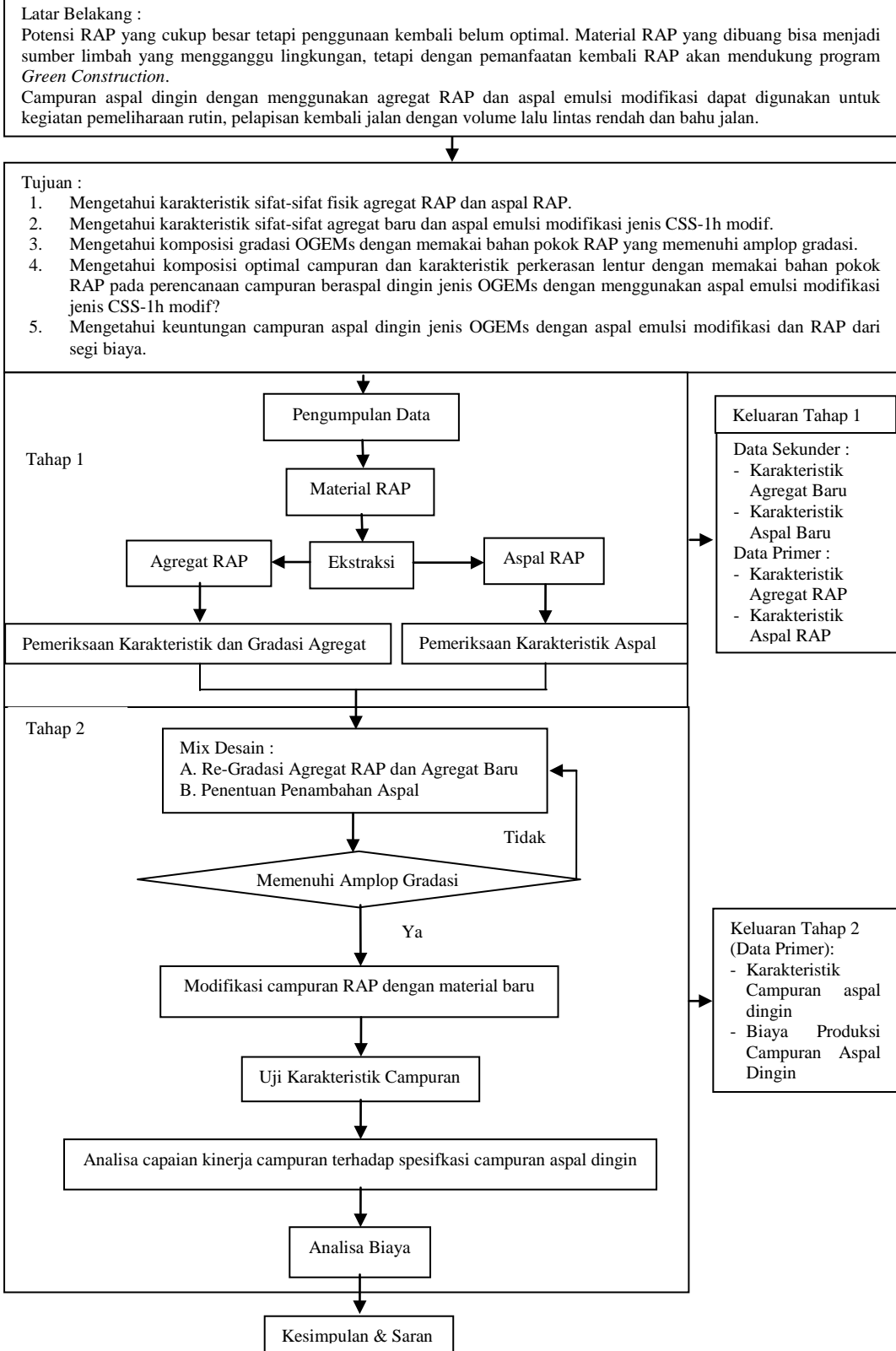
A. Tahapan penelitian material (RAP, agregat baru, dan aspal emulsi modifikasi) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan material yang meliputi RAP, agregat baru, dan aspal emulsi modifikasi baru.
2. Mengekstraksi RAP agar terpisah aspal dan agregatnya sehingga diketahui kadar aspal yang terkandung di dalam RAP.
3. Melakukan pengujian gradasi dan sifat fisik agregat RAP hasil ekstraksi.
4. Melakukan pengujian sifat fisik aspal RAP hasil ekstraksi.
5. Melakukan pengujian gradasi dan sifat fisik agregat baru.
6. Melakukan pengujian sifat-sifat fisik aspal emulsi modifikasi.

B. Tahapan penelitian campuran aspal dingin dengan aspal emulsi modifikasi dan RAP dengan tujuan akhir untuk mengetahui komposisi campuran yang optimal dari RAP, aspal emulsi modifikasi, dan agregat baru dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Melakukan re-gradasi terhadap gradasi agregat RAP dengan menambahkan agregat baru dengan jumlah dan ukuran tertentu agar memenuhi amplop gradasi.
2. Melakukan penghitungan penambahan jumlah aspal emulsi modifikasi yang dipergunakan dalam campuran.
3. Pengujian Marshall.
4. Hasil dan kesimpulan.

Rangkaian kegiatan penelitian secara ringkas ditampilkan dalam bentuk bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 3. 1 dan dilaksanakan pada Laboratorium Pengujian Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional III Palembang.



Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini terdiri atas :

- A. RAP yang digunakan berasal dari hasil kupasan *Cold Milling Machine* pada Jalan Kolonel H. Burlian Palembang.  
Lapisan permukaan jalan Kolonel H. Burlian merupakan *Asphaltic Concrete* yang di overlay pada tahun 2010.
- B. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar dan agregat halus dari Soekarno Hatta Palembang.
- C. Aspal yang digunakan untuk campuran adalah aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h Modif.

### 3.3 Pengujian

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan berasal dan tersedia di Laboratorium Pengujian Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional III Palembang.

Jenis dan standar pengujian agregat yang dipakai dalam pengujian ini sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, disajikan dalam Tabel 2. 5. Pengujian untuk aspal memakai standar yang disajikan dalam Tabel Tabel 2. 6 Bahan Aspal Untuk Campuran Aspal Dingin dan Tabel 2. 7 Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik. Dan Pengujian untuk campuran aspal yang dipakai dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2. 8 Ketentuan Campuran Dingin, Komposisi, dan Sifat Campuran dan Tabel 2. 9 Persyaratan Campuran Beraspal Dingin.

### 3.4 Perancangan Benda Uji

Sebelum membuat benda uji untuk Marshall test, terlebih dahulu memeriksa kesesuaian material yang dipergunakan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Apabila belum sesuai maka dilakukan penyesuaian, antara lain:

- A. Pencucian material apabila terdapat kotoran di dalamnya.
- B. Penambahan agregat baru dengan jumlah dan ukuran tertentu.

Prosentase penambahan agregat baru pada pengujian ini akan sangat tergantung dari gradasi RAP. Penambahan maupun pengurangan prosentase RAP



akan melihat hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisik campuran pada komposisi campuran pertama.

Asal RAP adalah jalan Kolonel H. Burlan Palembang. Jenis aspal yang digunakan adalah aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h modif.

Untuk mengetahui sifat-sifat fisik campuran tersebut dilakukan dengan pengujian Marshall. Jumlah benda uji didasarkan pada kebutuhan sesuai dengan tujuan penelitian ini. Perkiraan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 3. 1 Rincian Jumlah Benda Uji.

Tabel 3. 1 Rincian Jumlah Benda Uji

No	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji	Keterangan
1.	Uji Marshall	$3 \times 5 \times 3 = 45$	Pengujian dilakukan untuk 3 variasi kandungan RAP, 5 variasi kadar aspal, dan masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 3 kali.
2.	Uji Perendaman Marshall	$3 \times 5 \times 3 = 45$	
Total		90	

Sumber : Hasil Perhitungan

### 3.5 Metoda Analisis

Dalam penelitian ini dianalisa mutu masing-masing variasi campuran yang dibuat. Mutu yang ingin dicapai mengacu pada sifat-sifat fisik campuran sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga. Apabila sudah didapatkan komposisi yang optimal dan memenuhi sifat-sifat fisik campuran sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga, selanjutnya dihitung analisa biayanya. Perhitungan biaya mengacu pada analisa harga satuan Bina Marga 2010.

### 3.6 Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan berisikan hasil yang dicapai dari penelitian ini yang berupa komposisi perkerasan campuran aspal dingin yang menggunakan bahan pengikat aspal emulsi modifikasi jenis CSS-1h Modif dan RAP hasil pengerukan lapisan permukaan yang sifat-sifat fisik campurannya memenuhi Spesifikasi Bina Marga.

Dari kesimpulan yang didapatkan dibuat rekomendasi kepada pemangku kepentingan untuk percobaan di lapangan untuk mengetahui tingkat keberhasilannya.

## **BAB 4**

### **PENGUMPULAN DATA**

#### **4.1 Material RAP**

Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) diambil dari hasil *Cold Milling Machine* (CMM) ruas jalan Kolonel Haji Burlian Palembang. Pengujian material RAP ruas jalan Kolonel Haji Burlian yang digunakan pada studi ini mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan metoda standar lainnya seperti *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO), dan *American Society for Testing and Material* (ASTM) bilamana pengujian tidak termuat dalam Standar Nasional Indonesia. Pengujian material RAP ini bertujuan untuk mengetahui kadar aspal pada material RAP, gradasi agregat hasil ekstraksi serta karakteristik agregat dan aspal dalam RAP.

##### **4.1.1 Pengujian Kadar Aspal Material RAP**

Pengujian ekstraksi dilakukan terhadap RAP untuk memisahkan agregat dan aspal, agar kandungan aspal yang ada pada RAP ruas jalan Kol. H. Burlian Palembang dapat ditentukan. Adapun hasil pemeriksaan sebagaimana disajikan dalam Tabel 4. 1 berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Ekstraksi Bahan RAP

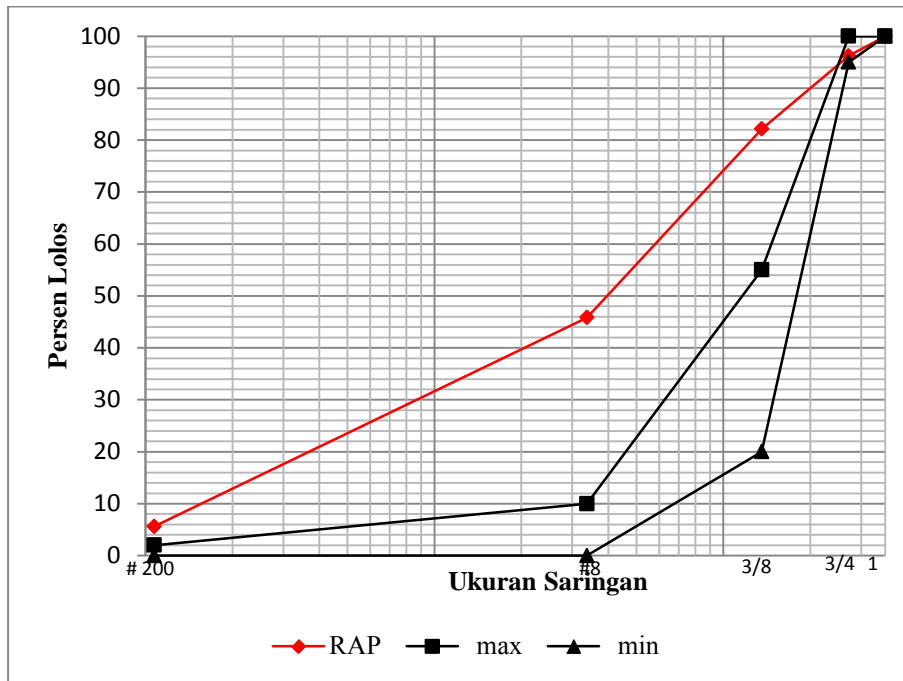
No	Berat Sampel (gram)	Berat Aspal (gram)	Persentase Aspal (%)
1	700	28,7	4,1
2	700	33,7	4,81
	Rata-rata		4,46

Sumber : Hasil Perhitungan

##### **4.1.2 Pengujian Gradasi Agregat RAP**

Gradasi agregat merupakan faktor kunci terhadap desain campuran aspal. Gradasi yang tepat untuk konstruksi yang sesuai akan menghasilkan struktur perkerasan yang baik, termasuk juga adanya efisiensi penggunaan perekat atau

aspal. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh gradasi agregat RAP seperti terlihat pada Gambar 4. 1 berikut ini:



Gambar 4. 1 Gradasi Agregat RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Sumber : Hasil Pengujian

#### 4.1.3 Karakteristik Agregat RAP

Agregat RAP yang telah diekstraksi kemudian diperiksa karakteristiknya. Pemeriksaan meliputi pengujian kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat, Abrasi dengan mesin *Abrasion Tester* pada 500 putaran, dan kelekatan agregat terhadap aspal. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. 2 berikut :

Tabel 4. 2. Karakteristik Agregat RAP

No	Pengujian	RAP	Persyaratan
1.	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	5,6%	Maks. 12%
2.	Abrasi dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran	26%	Maks. 40%
3.	Kelekatan agregat terhadap aspal	>95%	Min. 95%

Sumber : Hasil Pengujian

#### 4.1.2 Karakteristik Aspal RAP

Untuk mengetahui karakteristik sifat-sifat fisik aspal RAP, aspal hasil ekstraksi diuji kemudian dengan pengujian penetrasi, daktilitas, titik lembek, dan berat jenis. Dan hasil pengujiannya disajikan pada Tabel 4. 3 berikut :

Tabel 4. 3. Karakteristik Aspal RAP

No.	Uraian	RAP	Persyaratan
1	Kadar Aspal dalam campuran (%)	4,46	-
2	Penetrasi pada 25°C (dmm)	9	40-90
3	Titik Lembek (°C)	90	-
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	5	≥ 40
5	Berat Jenis (gr/m <sup>3</sup> )	1,04	-

Sumber : Hasil Pengujian

#### 4.2 Karakteristik Material Baru

Material baru yang ditambahkan ke dalam campuran aspal dingin terdiri atas agregat baru dan aspal baru. Agregat baru yang digunakan diambil dari *quarry* PT. Bintang Selatan Agung yang berlokasi di Jl. Soekarno-Hatta (Palembang). Material dari *quarry* tersebut selanjutnya akan diuji kembali karakteristiknya untuk menentukan apakah material baru tersebut masih memenuhi syarat sebagai material baru dalam penelitian ini. Aspal yang akan digunakan adalah aspal CSS-1H Modif produksi PT. Triasindomix Jawa Timur.

#### 4.2.1 Karakteristik Agregat Baru

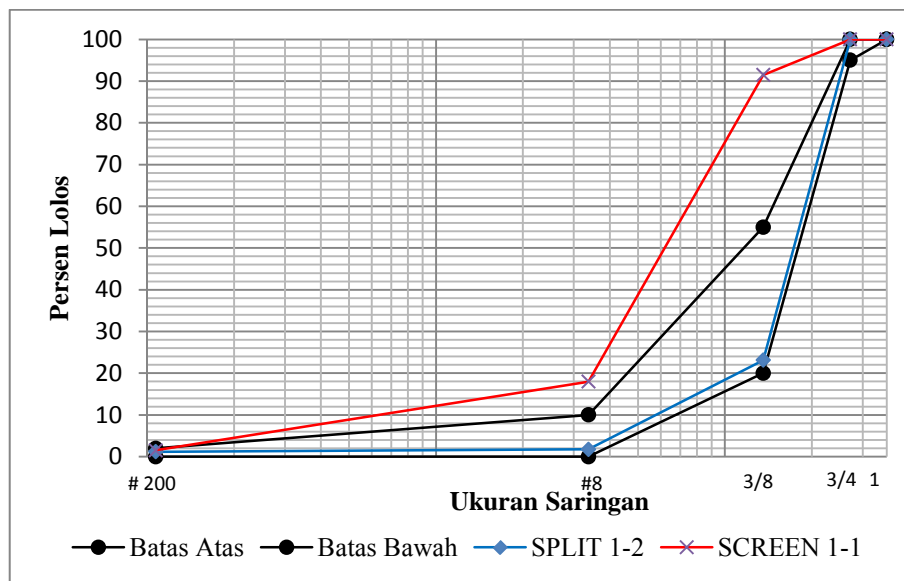
Pengujian yang dilakukan pada agregat baru meliputi pengujian kekekalan bentuk, abrasi, kelekatan aspal, dan berat jenis sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010. Data yang didapat dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa agregat tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditentukan. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. 4 dan Gambar 4. 2.

Tabel 4. 4. Karakteristik Agregat Baru

No.	URAIAN	NILAI	PERSYARATAN
1.	Kekekalan bentuk terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat (%)	5,1	Maks. 12
2.	Abrasi dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran (%)	24,32	Maks. 40
3.	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	> 95	Min. 95
4.	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	2,594	-

Sumber : Laboratorium BBPJN III

Uraian	U k u r a n   s a r i n g a n				
Inc mm	1" 25,40	3/4 " 19,00	3/8 " 9,50	# 8 2,36	# 200 0,075
<b>DATA GRADASI</b>					
SPLIT 1-2	100,0	100,00	23,13	1,75	1,16
SCREEN 1-1	100,0	100,00	91,47	17,99	1,52
<b>Spec.gradasi</b>					
max	100,0	100,0	55,0	10,0	2,0
min	100,0	95,0	20,0	0,0	0,0



Gambar 4. 2 Gradasi Agregat Baru

Sumber : PT. Bintang Selatan Agung

Data karakteristik agregat baru merupakan data sekunder yang didapatkan dari PT. Bintang Selatan Agung dan Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional III.

#### 4.2.2 Karakteristik Aspal Emulsi CSS-1h Modif

Karakteristik dan sifat-sifat aspal emulsi CSS-1h yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data sekunder hasil pemeriksaan yang dilakukan oleh PT. Triasindomix perusahaan pembuat aspal emulsi tersebut. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. 5 berikut :

Tabel 4. 5 Karakteristik Aspal Emulsi CSS-1h Modif

No.	JENIS PENGUJIAN	METODE	HASIL UJI	SYARAT
1.	Kadar Residu	SNI 03-6829-2002	57,17	Min. 57%
2.	Penetrasi 25°C 100 gr, 5 detik	SNI 06-2456-1991	88,33	40 – 90
3.	Daktilitas ( <i>Ductility</i> )	SNI 06-2432-1991	70,00	Min. 40
4.	Kelarutan dalam Trichlor Etylen	SNI 06-2468-1991	97,729	-
5.	Viscositas	SNI 03-6721-2002	25,057	20 – 100
6.	Tertahan Saringan No. 20	SNI 03-3643-1994	0,00	Maks. 0,10
7.	Pengendapan 1 Hari	SNI 03-6828-1994	0,70	Maks. 1
8.	Pengendapan 5 Hari		4,52	Maks. 5
9.	Hasil uji campuran semen (%)	SK SNI M 09-1994-03	-	Max. 20
10.	Muatan Partikel Listrik	SNI 03-3644-1994	Positif	Positif

Sumber : PT. Triasindomix



## **BAB 5**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Hasil Pengujian Karakteristik Material RAP**

##### **5.1.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat RAP**

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat RAP menunjukkan bahwa agregat RAP memenuhi persyaratan sifat-sifat fisik agregat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Parameter pengujian yaitu kekekalan bentuk agregat yang menghasilkan nilai 5,6%, sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yang mensyaratkan nilai kekekalan bentuk agregat maksimal 12%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat RAP memiliki ketahanan terhadap disintegrasi yaitu pelapukan agregat akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban dan perbedaan temperatur.

Parameter selanjutnya yaitu abrasi yang menghasilkan nilai 26%, sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yang mensyaratkan nilai abrasi maksimal 40%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat RAP memiliki ketahanan terhadap degradasi yaitu kehancuran agregat akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan, maupun beban lalu lintas.

Parameter berikutnya adalah kelekatan agregat terhadap aspal juga mampu dipenuhi oleh agregat RAP yang menghasilkan nilai >95% sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Hal ini menunjukkan bahwa agregat RAP merupakan agregat yang *hidrophobik* (tidak menyukai air), yaitu agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi.

Hasil pengujian gradasi agregat RAP memang menunjukkan bahwa agregat RAP cenderung bergradasi halus, hal ini dikarenakan pengerukan memakai alat CMM membuat agregat cenderung bergradasi halus. Atas dasar ini jugalah perlunya penambahan agregat baru dalam campuran.

Sementara untuk gradasi agregat RAP seperti yang terlihat pada Gambar 4. 1 terlihat bahwa agregat RAP yang telah diekstraksi tidak memenuhi amplop gradasi agregat untuk Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan gradasi terbuka

sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dan umumnya berada di luar batas.

#### **5.1.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal RAP**

Hasil pengujian karakteristik aspal RAP seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. 3 memang menunjukkan bahwa aspal telah mengalami degradasi. Untuk parameter penetrasi nilai yang dihasilkan 9 dmm, sementara persyaratannya sebesar 40-90 dmm. Begitu juga dengan nilai daktilitasnya sebesar 5 cm, sementara persyaratannya minimal 40 cm.

#### **5.1.3 Kesimpulan Hasil Pengujian Material RAP**

Dari hasil pengujian seperti yang terlihat pada Tabel 4. 2, didapatkan data bahwa agregat dari material RAP memenuhi syarat sifat-sifat fisik agregat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010.

Sementara hasil pengujian karakteristik aspal RAP memang menunjukkan bahwa aspal telah mengalami degradasi. Untuk itulah diperlukan peremaja berupa aspal emulsi baru yang harus ditambahkan pada campuran.

### **5.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material Baru**

Tujuan dilakukannya pengujian karakteristik dari material baru yang akan ditambahkan ke dalam campuran aspal dingin adalah untuk mengetahui kelayakan dari material tersebut ditinjau dengan persyaratan yang telah ditetapkan di dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010.

#### **5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Baru**

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat baru seperti yang terlihat pada Tabel 4. 4 menunjukkan bahwa agregat baru yang akan digunakan memenuhi persyaratan sifat-sifat fisik agregat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Parameter pengujian yaitu kekekalan bentuk agregat yang menghasilkan nilai 5,1%, sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yang mensyaratkan nilai kekekalan bentuk agregat maksimal 12%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat RAP memiliki ketahanan terhadap disintegrasi yaitu

pelapukan agregat akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban dan perbedaan temperatur.

Parameter selanjutnya yaitu abrasi yang menghasilkan nilai 24,32%, sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yang mensyaratkan nilai abrasi maksimal 40%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat RAP memiliki ketahanan terhadap degradasi yaitu kehancuran agregat akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan, maupun beban lalu lintas.

Parameter berikutnya adalah kelekatan agregat terhadap aspal juga mampu dipenuhi oleh agregat RAP yang menghasilkan nilai >95% sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Hal ini menunjukkan bahwa agregat RAP merupakan agregat yang *hidrophobik* (tidak menyukai air), yaitu agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi. Adapun berat jenis agregat adalah 2,594 gr/cm<sup>3</sup>.

Didalam proses pencampuran yang akan dilakukan, harus diketahui gradasi dari agregat yang akan dicampurkan. Gradasi dari agregat baru yang akan ditambahkan dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dapat dilihat pada Gambar 4. 2.

### **5.2.2 Hasil Pengujian Aspal Emulsi CSS-1h Modif**

Tabel 4. 5 menunjukkan bahwa hasil pengujian terhadap aspal emulsi modifikasi memenuhi seluruh persyaratan aspal emulsi sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan OGEMs.

Pada pengujian kekentalan diketahui nilai kekentalan aspal emulsi CSS-1h Modif sebesar 25,057 dengan persyaratan 20-100. Hal ini menunjukkan bahwa aspal emulsi CSS-1h Modif sesuai klasifikasi aspal emulsi kationik pengikatan lambat. Hasil pengujian pengendapan dari aspal emulsi diketahui nilai pengendapan selama 1 hari sebesar 0,7% dengan persyaratan maksimal 1%, dan nilai pengendapan selama 5 hari sebesar 4,52% dari persyaratan maksimal 5%. Hal ini menunjukkan bahwa aspal emulsi CSS-1h Modif memiliki stabilitas penyimpanan yang baik. Hasil pengujian muatan listrik dari aspal emulsi CSS-1h Modif diketahui bermuatan listrik positif, dimana sesuai dengan klasifikasi aspal emulsi jenis kationik pengikatan lambat. Hasil pengujian analisa saringan dari

aspal emulsi CSS-1h Modif diketahui nilai persentase lolos saringan sebesar 0% dengan persyaratan maksimal 0,1%. Hal ini menunjukkan bahwa aspal emulsi CSS-1h Modif memiliki tingkat ikatan antara aspal dan air yang baik. Hasil pengujian penyulingan (kadar residu) dari aspal emulsi CSS-1h Modif diketahui nilai kadar residu aspal sebesar 57,17% dengan persyaratan minimal 57%. Hal ini menunjukkan bahwa aspal emulsi CSS-1h Modif sesuai klasifikasi aspal emulsi kationik pengikatan lambat. Hasil pengujian penetrasi hasil residu dan daktilitas hasil residu aspal emulsi CSS-1h Modif diketahui sebesar 88,33 dmm untuk nilai penetrasi dan nilai daktilitas lebih besar dari 70 cm. Persyaratan nilai penetrasi untuk aspal mantap sedang sebesar 40-90 dmm dan nilai daktilitas minimal 40 cm. Hal ini menunjukkan bahwa aspal emulsi CSS-1h Modif sesuai klasifikasi aspal emulsi kationik pengikatan lambat.

### **5.2.3 Kesimpulan Hasil Pemeriksaan Material Baru**

Dari hasil pengujian terhadap agregat baru seperti yang terlihat pada Tabel 4. 4 memenuhi seluruh persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan campuran aspal dingin.

Hasil pengujian karakteristik aspal emulsi modifikasi CSS-1h modif, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. 5 juga menunjukkan bahwa aspal emulsi modifikasi yang akan digunakan memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga.

## **5.3 Perencanaan Campuran**

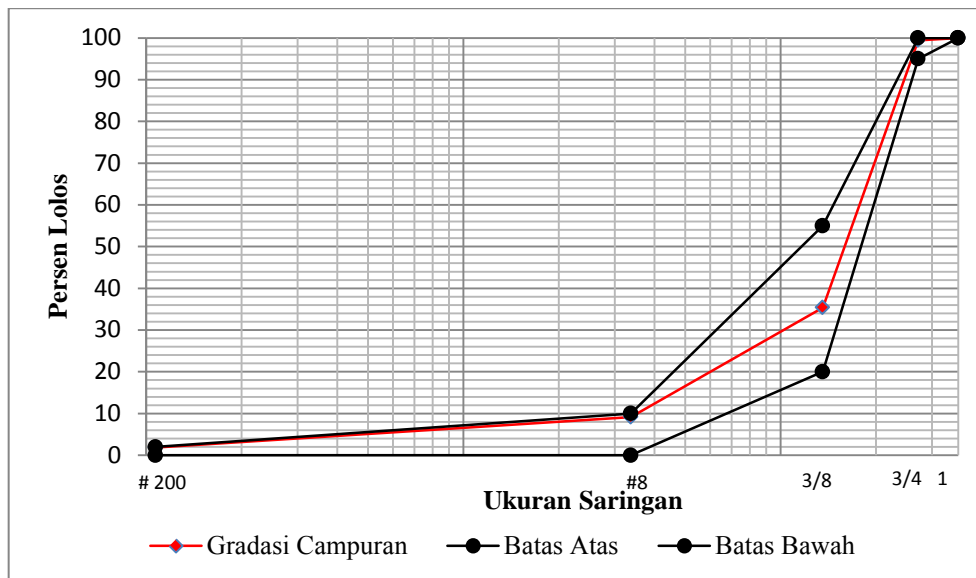
### **5.3.1 Perencanaan Gradasi Campuran**

Berdasarkan gradasi dari agregat RAP dan gradasi dari agregat baru, didapatkan bahwa komposisi ideal RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang yang dapat ditambahkan adalah sebesar 15%. Setelah itu RAP akan ditingkatkan 5% sampai didapat campuran dengan komposisi RAP paling optimum yang masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Perhitungan gradasi campuran awal dapat dilihat pada Tabel 5. 1 dan Gambar 5. 1 berikut:

Tabel 5. 1. Perhitungan Gradasi RAP 15% dan Agregat Baru 85%

Uraian	Ukuran saringan				
Inc	1"	3/4 "	3/8 "	# 8	# 200
Mm	25,40	19,00	9,50	2,36	0,075
<b>DATA GRADASI</b>					
SPLIT 1-2	100,0	100,00	23,13	1,75	1,16
SCREEN 1-1	100,0	100,00	91,47	17,99	1,52
RAP	100,0	96,19	82,11	45,83	5,60
<b>KOMBINASI AGREGAT</b>					
SPLIT 1-2 80,00%	80,00	80,00	18,50	1,40	0,93
SCREEN 1-1 5,00%	5,00	5,00	4,57	0,90	0,08
RAP 15,00%	15,00	14,43	12,32	6,87	0,84
<b>Total campuran 100,00%</b>	100,00	99,43	35,39	9,17	1,85
<b>Spec.gradasi</b>					
Max	100,0	100,0	55,0	10,0	2,0
Min	100,0	95,0	20,0	0,0	0,0

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. 1. Gradasi Agregat Campuran RAP Jl. Kol. H. Burlian 15% Dengan Agregat Baru 85%

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan gradasi campuran setelah dinaikkan persentase RAP di dalam campurannya dapat dilihat pada Lampiran 2.

### 5.3.2 Kadar Aspal Emulsi Perkiraan

Penentuan Kadar aspal emulsi di dalam campuran (PA) dilakukan berdasarkan pada gradasi agregat campuran. Sesuai dengan rumus 2.5, maka :

$$PA = (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7$$

Dengan pengertian :

PA = kadar aspal residu perkiraan terhadap berat agregat

AK = persentase agregat kasar tertahan saringan No. 8

AH = persentase agregat halus lolos saringan No. 8 tertahan No. 200

F = persentase agregat lolos saringan No. 200

Untuk detail perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$AK = (100 - 9,17) \% = 90,83 \%$$

$$AH = (9,17 - 1,85) \% = 7,32 \%$$

$$F = 1,85 \%$$

$$\begin{aligned} PA &= (0,05 AK + 0,1 AH + 0,5 F) \times 0,7 \\ &= ((0,05 \times 90,83 \%) + (0,1 \times 7,32 \%) + (0,5 \times 1,85 \%)) \times 0,7 \\ &= 4,3 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kadar aspal residu, maka dapat dilakukan perhitungan kadar aspal residu rencana untuk pembuatan benda uji :

$$PA - 1 \% = 4,3 \% - 1 \% = 3,3 \%$$

$$PA - 0,5 \% = 4,3 \% - 0,5 \% = 3,8 \%$$

$$PA = 4,3 \%$$

$$PA + 0,5 \% = 4,3 \% + 0,5 \% = 4,8 \%$$

$$PA + 1 \% = 4,3 \% + 1 \% = 5,3 \%$$

Harus diingat bahwa di dalam RAP juga terkandung aspal, jadi aspal yang ditambahkan dalam campuran harus dikurangi kadar aspal dalam RAP. Kemudian diestimasi Kadar Aspal Emulsi (KAE) awal sesuai dengan rumus 2.4 :

$$KAE \text{ awal} = (PA/X)\%$$

Dimana X adalah persentase kadar residu dari aspal emulsi (57,17%).

$$KAE = 4,3 / 57,17 = 7,52 \%$$

Karena campuran ini akan menambahkan RAP, maka aspal yang ditambahkan juga harus memperhitungkan kadar bitumen dalam RAP. Perhitungan lengkap kadar aspal emulsi yang harus ditambahkan dapat dilihat pada Tabel 5. 2 dan Tabel 5. 3.

### **5.3.3 Perhitungan Komposisi Benda Uji**

Setelah didapatkan kadar aspal perkiraan maka selanjutnya dilakukan perhitungan benda uji untuk tes Marshall. Berat campuran benda uji Marshall adalah 1.000 gram. Perencanaan komposisi benda uji dilakukan dengan cara pencampuran Material RAP, agregat baru, dan aspal. Kadar aspal rencana ini merupakan kadar aspal total, sehingga aspal baru yang ditambahkan merupakan selisih antara kadar aspal rencana dengan kadar aspal yang terkandung dalam RAP. Perhitungan komposisi benda uji Marshall dapat dilihat pada Tabel 5. 2.

Sedangkan perhitungan untuk komposisi benda uji dengan menggunakan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dapat dilihat pada Tabel 5. 3.

### **5.3.4 Kesimpulan Perencanaan Campuran**

Dari hasil pemeriksaan gradasi campuran, penambahan maksimal material RAP maksimal hanya 20%. Karena ketika ditambahkan material RAP sebesar 25% gradasi campuran sudah tidak memenuhi amplop gradasi agregat.

Tabel 5. 2. Komposisi Benda Uji Marshall dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% dan Material Baru 85%

MATERIAL	Komposisi	3,3			3,8			4,3			4,8			5,3		
Material Baru		% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif
- Split 1-2	80,00%	77,36	773,6	773,6	76,96	769,6	769,6	76,56	765,6	765,6	76,2	761,6	761,6	75,8	757,6	757,6
- Screen 1-1	5,00%	4,84	48,4	822,0	4,81	48,1	817,7	4,79	47,9	813,5	4,8	47,6	809,2	4,7	47,4	805,0
Material RAP	15,00%	14,51	145,1	967,0	14,43	144,3	962,0	14,36	143,6	957,0	14,3	142,8	952,0	14,2	142,1	947,0
*Agregat RAP	15,00%	14,51	145,1		14,43	144,3		14,36	143,6		14,3	142,8		14,2	142,1	
*Aspal RAP	4,46%		6,5			6,4			6,4			6,4			6,3	
Aspal Residu			26,5			31,6			36,6			41,6			46,7	
Aspal Emulsi			46,4			55,2			64,0			72,8			81,6	
Aspal Total		3,3	33	1000,0	3,8	38	1000,0	4,3	43	1000	4,8	48,0	1000	5,3	53,0	1000
Berat Total		100	1000		100	1000		100	1000		100	1000		100	1000	

Sumber : Hasil Perhitungan



Tabel 5. 3. Komposisi Benda Uji Marshall dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan Material Baru 80%

Material	Komposisi	3,4			3,9			4,4			4,9			5,4		
		% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif	% camp	gram	Kumulatif
Material Baru																
- Split 1-2	80,00%	77,28	772,8	772,8	76,88	768,8	768,8	76,48	764,8	764,8	76,1	760,8	760,8	75,7	756,8	756,8
- Screen 1-1	0,00%	0,00	0,0	772,8	0,00	0,0	768,8	0,00	0,0	764,8	0,0	0,0	760,8	0,0	0,0	756,8
Material RAP	20,00%	19,32	193,2	966,0	19,22	192,2	961,0	19,12	191,2	956,0	19,0	190,2	951,0	18,9	189,2	946,0
*Agregat RAP	20,00%	19,32	193,2		19,22	192,2		19,12	191,2		19,0	190,2		18,9	189,2	
*Aspal RAP	4,46%		8,6			8,6			8,5			8,5			8,4	
Aspal Residu			25,4			30,4			35,5			40,5			45,6	
Aspal Emulsi			44,4			53,2			62,0			70,9			79,7	
Aspal Total		3,4	34	1000,0	3,9	39	1000,0	4,4	44	1000	4,9	49,0	1000	5,4	54,0	1000
Berat Total		100	1000		100	1000		100	1000		100	1000		100	1000	

Sumber : Hasil Perhitungan

## 5.4 Hasil Pengujian

Di dalam penelitian ini akan dibuat beberapa benda uji dengan urutan benda uji yang memiliki persentase RAP paling kecil menuju benda uji dengan persentase RAP yang lebih besar. Sesuai dengan pemeriksaan gradasi agregat RAP dan gradasi agregat baru, maka penelitian akan dimulai dari persentase 15% RAP dan 85% agregat baru.

### 5.4.1 Hasil Pengujian Kadar Air Penyelimutan

Kadar air penyelimutan ini didapat dari pengamatan visual pencampuran pada kadar aspal emulsi perkiraan. Jumlah benda uji adalah 5 buah. Setelah campuran didiamkan selama 24 jam dan air menguap kemudian baru dapat dilakukan pengamatan secara visual untuk menentukan kadar air yang menghasilkan penyelimutan terbaik.

Hasil pengamatan secara visual untuk tes penyelimutan dapat dilihat pada Tabel 5. 4.

Tabel 5. 4 Pengujian Kadar Air Penyelimutan

No.	Kadar Air (%)	Penyelimutan
1.	1	35
2.	2	55
3.	3	70
4.	4	80
5.	5	80

Sumber : Hasil Pengujian

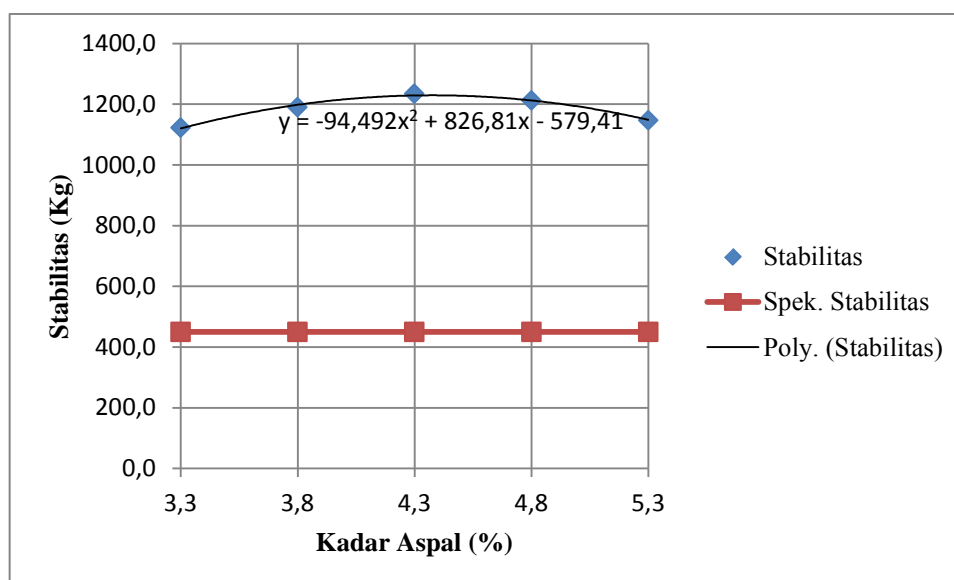
Nilai penyelimutan diperhitungkan sebagai prosentase luas permukaan yang terselimuti oleh aspal dari total permukaan agregat dengan persyaratan minimal 75%. Campuran yang terlalu basah juga harus dihindari. Hasil kadar air penyelimutan yang terbaik adalah sebesar 4% dari total campuran. Kadar air optimum inilah yang akan dipergunakan sebagai kadar air untuk pengujian Marshall.

### 5.4.2. Analisa Hasil Pengujian Marshall

Dari hasil perencanaan campuran kemudian dibuat benda uji dengan 5 kombinasi kadar aspal emulsi dan masing-masing kadar aspal dibuat 3 sampel pada kadar air optimum untuk pengujian Marshall.

#### a. Komposisi Campuran 15% RAP dan 85% Material Baru

Komposisi ini adalah komposisi awal dari campuran aspal dingin yang dibuat untuk mengetahui karakteristik dari OGEM's dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang. Pengujian ini hanya berlaku pada rentang kadar aspal residu 3,3% - 5,3% yang diperoleh dari perhitungan kadar aspal residu awal. Hasil pengujian karakteristik campuran dapat dilihat pada Gambar 5. 2 berikut :

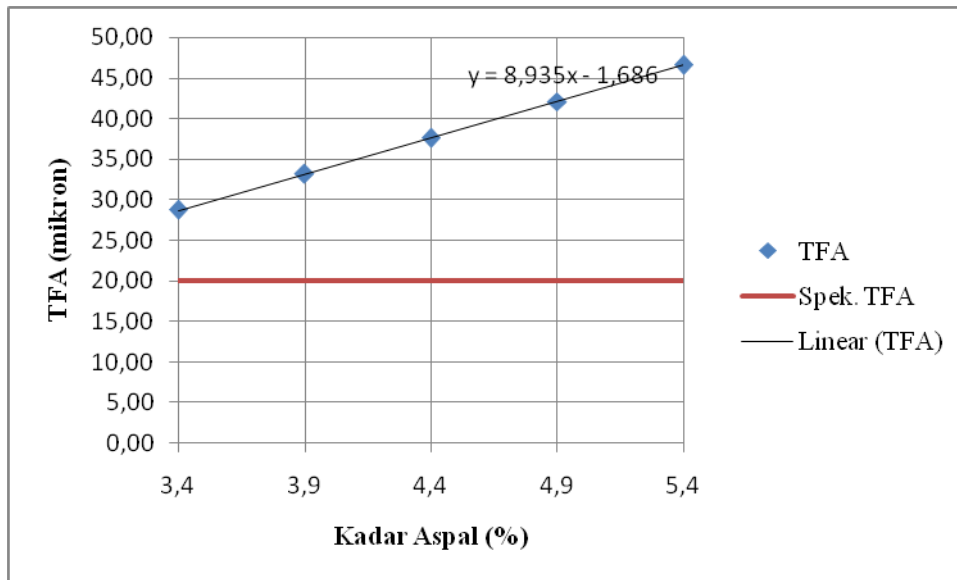


Gambar 5. 2. Grafik Stabilitas terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP  
Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Gambar 5. 2 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal campuran, nilai stabilitas akan semakin meningkat. Nilai stabilitas akan menurun pada rentang kadar aspal residu di atas 4,3%. Nilai stabilitas memenuhi syarat pada semua rentang kadar aspal rencana.

Untuk menentukan Tebal Film Aspal, diperlukan data luas permukaan agregat (*Asphalt Institute*, 1989) yang dapat diperoleh dengan mengalikan antara

persentase lolos kumulatif masing-masing ayakan dengan faktor luas permukaan. Hasil perhitungan Tebal Film Aspal dapat dilihat pada Gambar 5. 3 di bawah ini:



Gambar 5. 3. Grafik Tebal Film Aspal terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Gambar 5. 3 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal campuran, nilai Tebal Film Aspal semakin besar. Nilai Tebal Film Aspal memenuhi persyaratan pada semua rentang kadar aspal.

Untuk mencari nilai stabilitas sisa dari campuran aspal dingin, briket dari campuran harus direndam selama 4 x 24 jam. Stabilitas sisa merupakan prosentase dari perbandingan nilai stabilitas kering dan nilai stabilitas basah. Nilai dari stabilitas sisa dapat dilihat pada Tabel 5. 5 berikut ini.

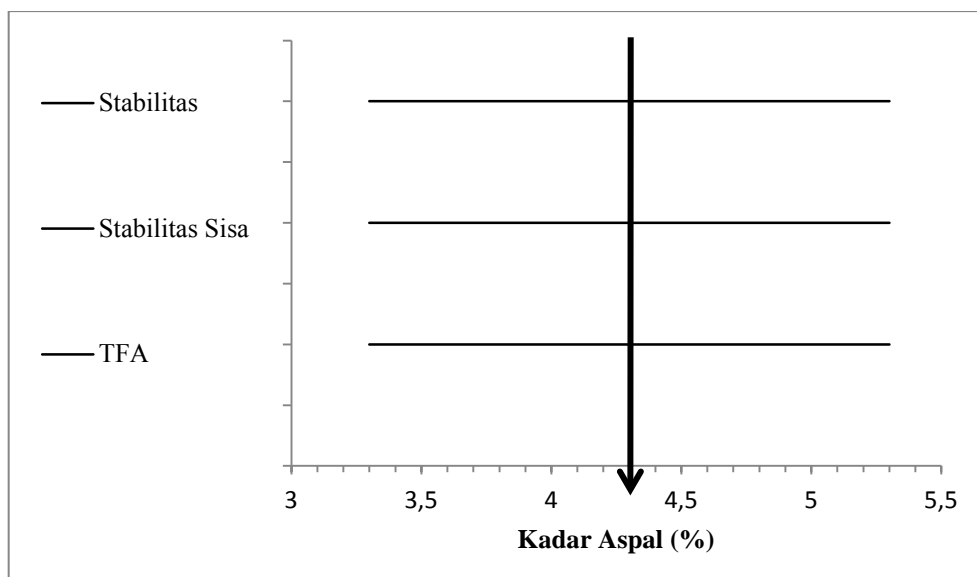
Tabel 5. 5. Stabilitas Sisa terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Kondisi	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Stabilitas Sisa (%)
Kering	3,3	1123,1	83,60
Basah		938,8	
Kering	3,8	1190,0	79,66
Basah		947,9	
Kering	4,3	1234,6	81,74
Basah		1009,2	
Kering	4,8	1212,3	79,26
Basah		960,9	
Kering	5,3	1147,4	76,68
Basah		879,8	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 5. 5 nilai stabilitas sisa dari campuran memenuhi persyaratan pada semua rentang kadar aspal rencana.

Dari hasil perhitungan di atas, bisa diketahui nilai Kadar Aspal Residu Optimum dari campuran tersebut. Nilai dari kadar aspal di dalam campuran dapat dilihat pada Gambar 5. 4 di bawah ini.

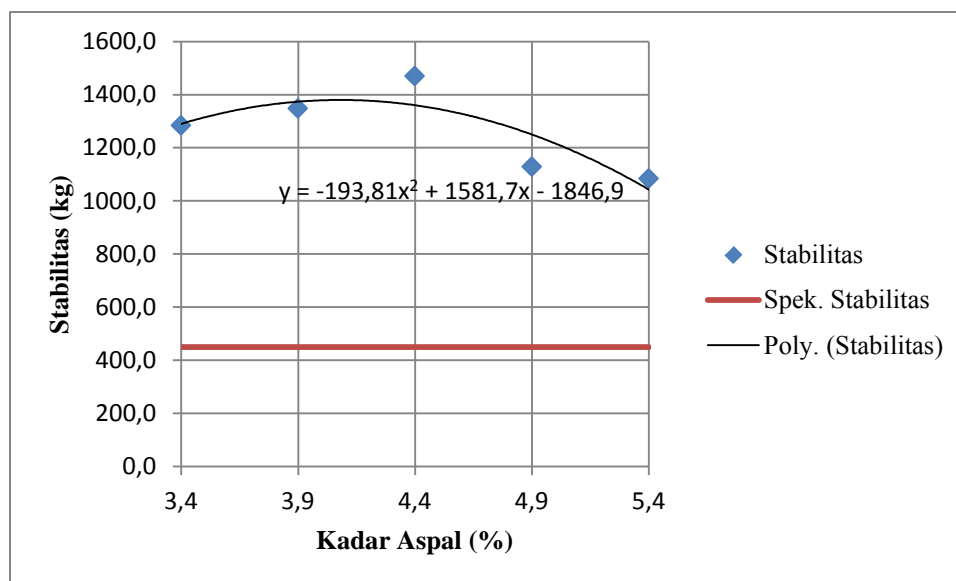


Gambar 5. 4. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum di dalam Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Gambar 5. 4 di atas menunjukkan bahwa pada campuran aspal dingin dengan persentase RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% semua rentang kadar aspal masuk pada semua persyaratan. Sehingga diambil nilai kadar aspal optimum di dalam campuran sebesar 4,3%. Dimana kadar aspal dalam campuran terdiri atas 0,64 % bitumen RAP dan 3,66 % aspal residu yang didapatkan dari penambahan 6,4% aspal emulsi modifikasi.

***b. Komposisi Campuran 20% RAP dan 80% Material Baru***

Setelah didapat hasil perhitungan dengan komposisi campuran RAP Jl. Kol. H. Burlian 15% dan material baru 85%, dengan hasil kadar aspal dalam campuran 4,3%, maka selanjutnya akan dibuat benda uji dengan komposisi 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dan 80% material baru. Pengujian ini pada rentang kadar aspal 3,4% - 5,4%. Hasil pengujian karakteristik campuran disajikan pada Gambar 5. 5 sampai Gambar 5. 7 dan Tabel 5. 6 berikut :

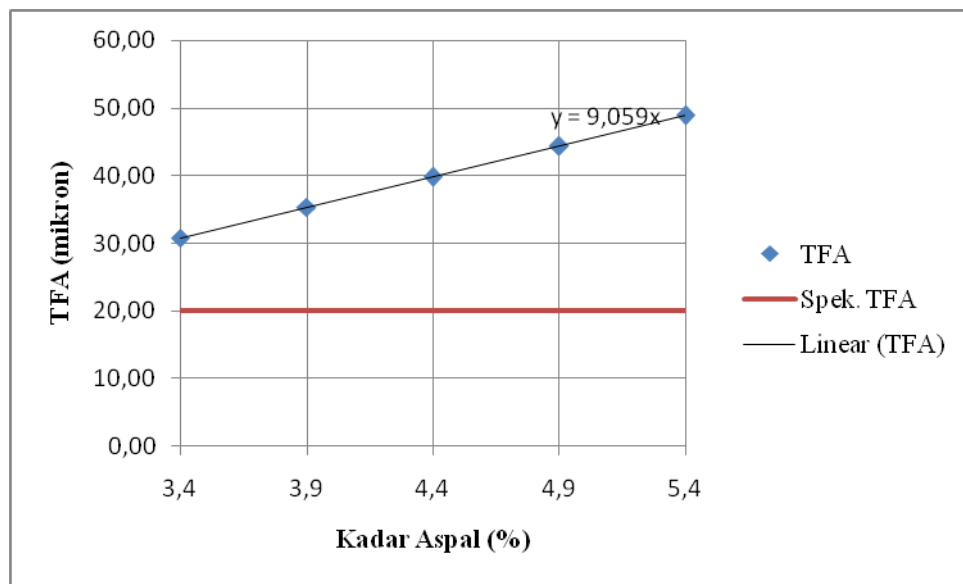


Gambar 5. 5. Grafik Stabilitas terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Gambar 5. 5 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal campuran, nilai stabilitas akan semakin meningkat. Tetapi setelah melewati kadar

aspal residu di atas 4,4 nilai stabilitas akan menurun. Nilai stabilitas memenuhi syarat pada semua rentang kadar aspal rencana.

Untuk menentukan Tebal Film Aspal, diperlukan data luas permukaan agregat (*Asphalt Institute*, 1989) yang dapat diperoleh dengan mengalikan antara persentase lolos kumulatif masing-masing ayakan dengan faktor luas permukaan. Hasil perhitungan Tebal Film Aspal dapat dilihat pada Gambar 5. 6 di bawah ini:



Gambar 5. 6. Grafik Tebal Film Aspal terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 15% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Gambar 5. 6 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal campuran, Tebal Film Aspal semakin besar. Tebal Film Aspal memenuhi syarat pada semua rentang kadar aspal rencana.

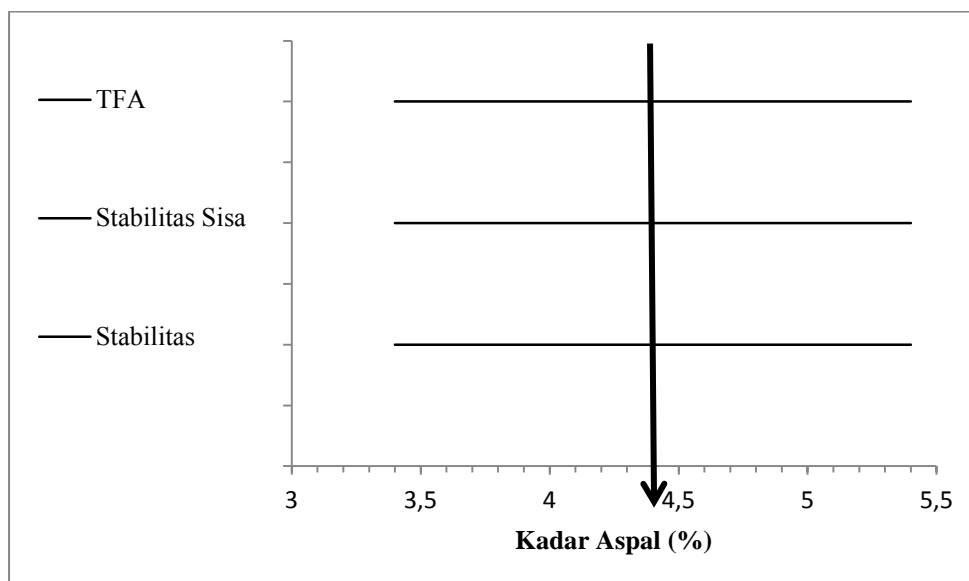
Untuk mencari nilai stabilitas sisa dari campuran aspal dingin, briket dari campuran harus direndam selama 4 x 24 jam. Nilai dari stabilitas sisa dapat dilihat pada Tabel 5. 6 berikut ini.

Tabel 5. 6. Stabilitas Sisa terhadap Kadar Aspal Campuran dengan 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Kondisi	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Stabilitas Sisa (%)
Kering	3,4	1284,5	91,56
Basah		1176,0	
Kering	3,9	1348,7	88,92
Basah		1199,3	
Kering	4,4	1470,0	97,72
Basah		1436,5	
Kering	4,9	1128,5	83,75
Basah		945,1	
Kering	5,4	1084,9	86,23
Basah		935,5	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 5. 6 nilai stabilitas sisa dari campuran memenuhi persyaratan pada semua rentang kadar aspal rencana. Setelah hasil dari perhitungan diketahui, maka dari hasil perhitungan tersebut diplot ke dalam sebuah grafik untuk mengetahui nilai kadar aspal optimum dalam campuran.



Gambar 5. 7. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum dalam Campuran dengan 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang



Gambar 5. 7 menunjukkan bahwa pada OGEM's dengan persentase RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% semua persyaratan terpenuhi pada semua rentang kadar aspal rencana. Sehingga didapatkan nilai kadar aspal optimum dalam campuran adalah 4,4%. Dimana kadar aspal dalam campuran terdiri atas 0,85 % bitumen RAP dan 3,55 % aspal residu yang didapatkan dari penambahan 6,2 % aspal emulsi modifikasi.

**c. Komposisi Campuran 25% RAP dan 75% Material Baru**

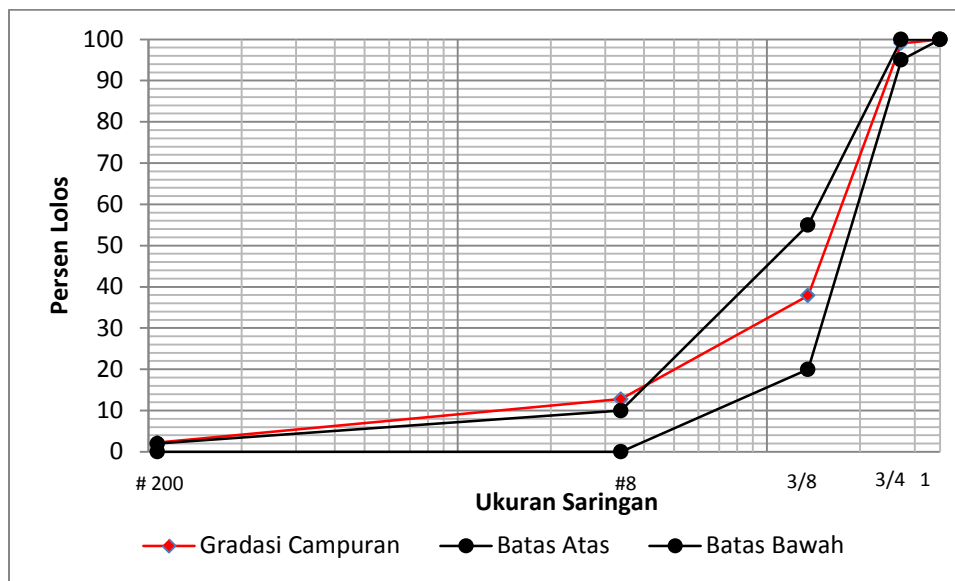
Setelah didapat hasil perhitungan dengan komposisi campuran RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan material baru 80%, dengan hasil kadar aspal optimum dalam campuran 4,4,%, maka selanjutnya akan dicoba untuk membuat benda uji dengan komposisi 25% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dan 75% material baru.

Untuk membuat campuran 25% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dan 75% material baru hal pertama yang harus dilakukan adalah pengujian gradasi campuran. Hasil dari pengujian gradasi campuran dapat dilihat pada Tabel 5. 7 dan Gambar 5. 8 di bawah ini :

Tabel 5. 7. Perhitungan Gradasi RAP 25% dan Agregat Baru 75%

Uraian	Ukuran saringan				
Inc Mm	1" 25,40	3/4 " 19,00	3/8 " 9,50	# 8 2,36	# 200 0,075
<b>DATA GRADASI</b>					
SPLIT 1-2	100,0	100,00	23,13	1,75	1,16
SCREEN 1-1	100,0	100,00	91,47	17,99	1,52
RAP	100,0	96,19	82,11	45,83	5,60
<b>KOMBINASI AGREGAT</b>					
SPLIT 1-2 75,00%	75,0	75,00	17,35	1,31	0,87
SCREEN 1-1 0,00%	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
RAP 25,00%	25,0	24,05	20,53	11,46	1,40
<b>Total campuran 100,00%</b>	100,00	99,05	37,87	12,77	2,27
<b>Spec.gradasi</b>					
Max	100,0	100,0	55,0	10,0	2,0
Min	100,0	95,0	20,0	0,0	0,0

Sumber : Hasil Perhitungan

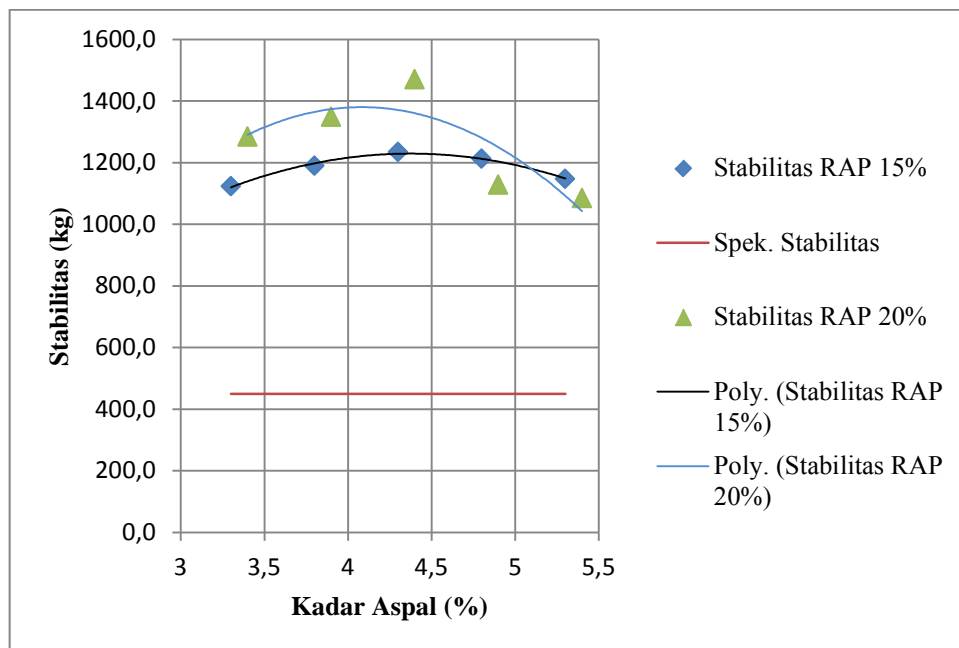


Gambar 5. 8. Gradasi Agregat Campuran RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 25% dan Agregat Baru 75%

Dari Tabel 5. 7 dan Gambar 5. 8 didapatkan bahwa campuran dengan 25% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dan 75% agregat baru tidak masuk dalam amplop gradasi agregat, jadi campuran tidak bisa dilanjutkan lagi pengujiannya.

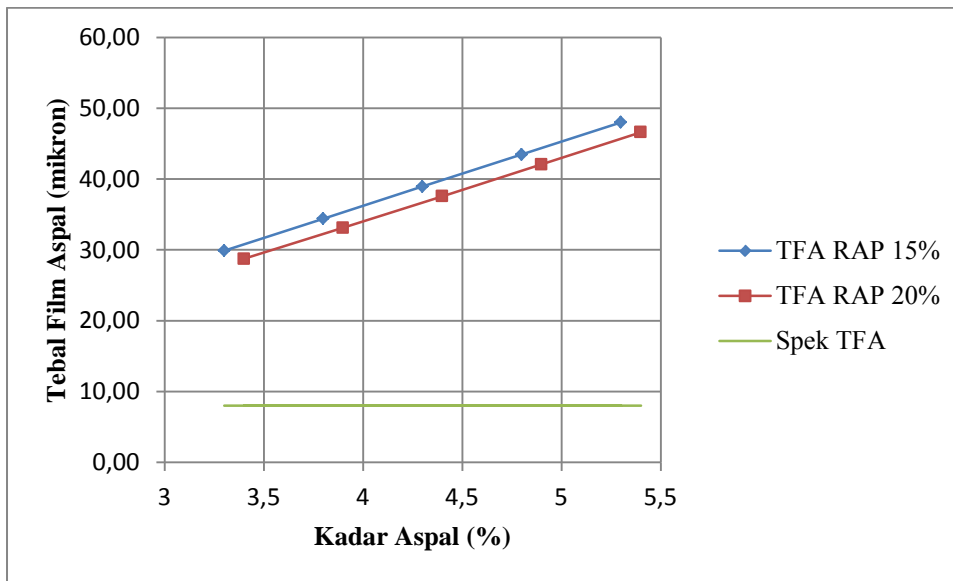
#### 5.4.3 Analisa Teknis Hasil Pengujian Campuran

Dari hasil pengujian campuran aspal dingin dengan aspal emulsi modifikasi CSS-1h Modif dengan material agregat RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dan agregat baru yang digunakan dalam penelitian ini, dirangkum hasilnya dalam satu grafik untuk persentase RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% dan persentase RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20%, dengan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 5. 9.



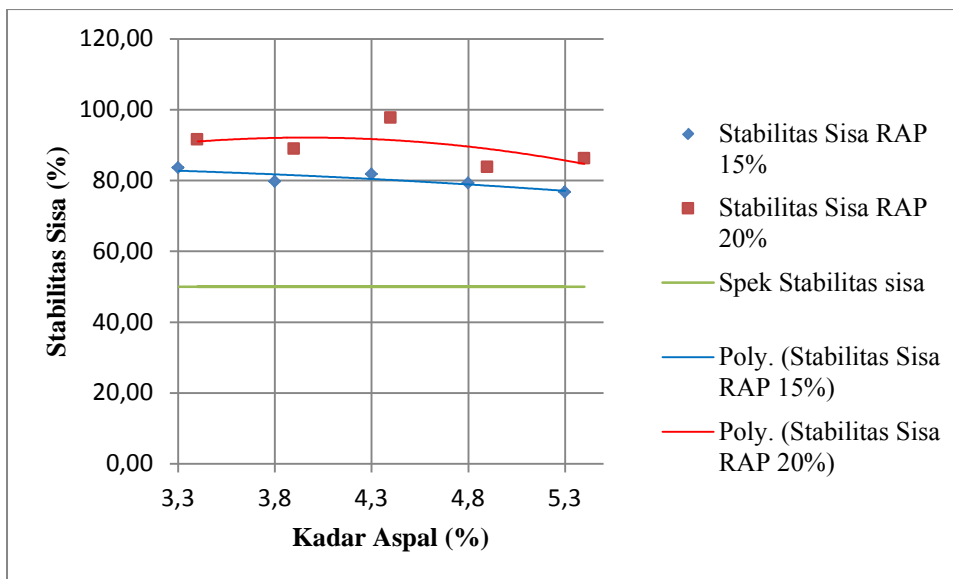
Gambar 5. 9. Stabilitas Marshall Campuran dengan 15% RAP dan 20% RAP

Gambar 5. 9 menunjukkan nilai stabilitas Marshall campuran aspal dingin jenis OGEM's dengan aspal emulsi modifikasi CSS-1h Modif membesar dengan bertambahnya kadar RAP, namun setelah melewati kadar aspal optimum kinerja campuran dengan kadar RAP lebih banyak justru mengalami penurunan yang lebih besar. Hasil pengujian stabilitas Marshall campuran aspal dingin dengan 20% RAP memang tidak sekonsisten stabilitas Marshall campuran aspal dingin dengan 15% RAP, terutama setelah melewati kadar aspal optimum. Tetapi yang perlu diperhatikan bahwa dalam penelitian ini dicari campuran dengan komposisi paling optimal yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga. Dan dalam hal ini campuran aspal dingin dengan 20% RAP adalah komposisi optimal yang didapat dan memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga.



Gambar 5. 10. Tebal Film Aspal Campuran dengan 15% RAP dan 20% RAP

Gambar 5. 10 menunjukkan Tebal Film Aspal semakin tipis dengan bertambahnya kadar RAP.



Gambar 5. 11. Stabilitas Sisa Campuran dengan 15% RAP dan 20% RAP

Gambar 5. 11 menunjukkan nilai Stabilitas Sisa OGEMs bertambah dengan bertambahnya kadar RAP.

#### 5.4.4 Kesimpulan Hasil Pengujian karakteristik Campuran

Karakteristik dari benda uji yang dibuat berdasarkan urutan komposisi dari material RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang dan material baru apabila dibandingkan dengan Spesifikasi yang telah ditetapkan, maka dapat disimpulkan bahwa :

- Pada OGEM's dengan persentase Rap Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% dan material baru 85%, semua persyaratan dapat dipenuhi oleh semua rentang kadar aspal rencana. Sehingga nilai kadar aspal optimum dalam campuran didapatkan pada kadar aspal residu 4,3%. Untuk itu, kadar RAP akan dinaikkan lagi sebesar 5% agar didapatkan kadar RAP optimum dalam campuran yang masih memenuhi semua persyaratan Spesifikasi. Persentase yang akan digunakan berikutnya adalah 20%.
- Pada OGEM's dengan persentase RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan material baru 80%, semua persyaratan juga dapat dipenuhi oleh semua rentang kadar aspal rencana. Sehingga nilai kadar aspal optimum dalam campuran didapatkan pada kadar aspal 4,4%. Dimana kadar aspal dalam campuran terdiri atas 0,85 % bitumen RAP dan 3,55 % aspal residu yang didapatkan dari penambahan 6,2 % aspal emulsi modifikasi.
- Pada saat akan menaikkan persentase RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang sebesar 25% dan material baru 75%, gradasi campuran melewati batas atas untuk fraksi lolos saringan No. 8. Sehingga campuran tidak bisa dilanjutkan pengujiannya. Dan kadar RAP tidak dapat dinaikkan lagi.
- Pemakaian RAP pada OGEM's dapat dilakukan asalkan gradasi campuran masih memenuhi persyaratan.

Dengan membandingkan hasil pengujian sifat-sifat fisik OGEMs pada kadar RAP 15% dan 20% maka dapat dituliskan sebagai berikut :

- a. Nilai Stabilitas dan Stabilitas Sisa OGEMs mempunyai nilai yang semakin besar dengan bertambahnya kadar RAP, hal ini dikarenakan peningkatan nilai titik lembek aspal campuran yang digunakan. "*Strategic Highway Research Program*" di Amerika Serikat menyebutkan bahwa sifat karakteristik aspal, terutama titik lembeknya, memperlihatkan kemampuan aspal. Titik lembek

yang tinggi memperhatikan aspal mempunyai kemampuan yang tinggi (Budianto, 2009).

- b. Nilai Tebal Film Aspal untuk campuran Aspal Emulsi Modifikasi ini semakin mengecil dengan bertambahnya kadar RAP. Hal ini dikarenakan RAP lebih banyak mengandung fraksi halus. *Surface Area* (SA) faktor akan semakin besar jika ukuran agregat semakin kecil. Dengan bertambahnya jumlah RAP, yang berarti persentase fraksi halus dalam campuran bertambah, maka SA Faktor semakin besar dan Luas Permukaan Agregat pun semakin besar. Luas Permukaan Agregat akan berbanding terbalik dengan Tebal Film Aspal.

Pemakaian aspal modifikasi diharapkan akan memperbaiki kelemahan dan kekurangan yang terdapat pada aspal biasa. Dari percobaan didapat bahwa stabilitas campuran aspal dingin dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% - 20% yang memakai aspal emulsi modifikasi bisa mencapai angka 800 – 1400 kg, sedangkan jika memakai aspal emulsi biasa stabilitas campuran berkisar antara 450 – 800 kg.

Selain itu, untuk mendapatkan stabilitas seperti di atas aspal emulsi modifikasi memerlukan kadar aspal sebesar 4,3%. Sedangkan dengan memakai aspal emulsi biasa, untuk mencapai stabilitas 450 – 800 kg membutuhkan kadar aspal dalam campuran bisa lebih dari 6,5%. Hal ini berarti aspal emulsi modifikasi memiliki kelekatan yang lebih baik dari pada aspal emulsi biasa, dan tentu saja bisa menghemat pemakaian aspal.

## **5.5 Analisa Biaya Penggunaan RAP Jl. Kol. H. Burlian**

Tujuan dari manajemen aset dapat dilihat dari berbagai sudut pandang, secara umum tujuan manajemen aset adalah untuk pengambilan keputusan yang tepat agar aset dapat dikelola dan berfungsi secara efektif dan efisien. "*Good Governance*" atau pemerintahan yang baik dan penempatan sistem bisnis yang tepat, proses yang sesuai, dan penempatan sumber daya manusia yang mempunyai kapabilitas yang sesuai adalah faktor-faktor esensial dalam mencapai tujuan di atas.

Menurut Hastings (2010) manajemen aset adalah serangkaian kegiatan yang terkait dengan :

1. Mengidentifikasi apa saja yang dibutuhkan aset,
2. Mengidentifikasi kebutuhan dana,
3. Memperoleh aset,
4. Menyediakan sistem dukungan logistik dan pemeliharaan untuk aset,
5. Menghapus atau memperbarui aset sehingga secara efektif dan efisien dapat memenuhi tujuan.

Manfaat yang diperoleh dari manajemen aset adalah :

1. Mengurangi biaya
2. Memperpanjang siklus hidup aset
3. Untuk meningkatkan tingkat layanan (tingkat layanan adalah kompromi antar tingkat pelayanan yang ada dan diharapkan).

Jadi, dapat disimpulkan manajemen aset merupakan suatu langkah pengelolaan aset yang bertujuan untuk dapat mengoptimasi penggunaan dan pemanfaatan aset, mengidentifikasi resiko, mengantisipasi potensi resiko yang muncul, serta mengusahakan bagaimana suatu aset memberikan *benefit* bagi individu/organisasi hingga saat umur teknik aset tersebut habis sesuai dengan prinsip-prinsip manajemen agar tujuan pengadaan aset dapat terwujud secara efektif dan efisien.

Tentunya dengan potensi RAP yang ada di wilayah Sumatera Selatan cukup besar, sehingga penelitian ini menganalisa bagaimana mengolah material RAP yang belum dimanfaatkan secara maksimal menjadi dapat dimanfaatkan secara optimal.

Untuk mengetahui apakah material RAP dapat dimanfaatkan secara optimal maka harus membandingkan antara campuran aspal dingin tanpa penambahan RAP dibandingkan dengan campuran aspal dingin dengan menggunakan RAP. Faktor-faktor pembanding dalam perhitungan dapat berupa :

1. Biaya pengujian Laboratorium
2. Biaya Pengadaan dan Pelaksanaan di Lapangan.

#### 5.4.1 Analisa Biaya Pengujian Laboratorium

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang seragam di dalam penelitian ini perlu adanya pengendalian mutu. Di dalam pengendalian mutu itu sendiri ada beberapa hal yang harus selalu diperhatikan, baik dari segi agregat maupun aspal.

Untuk mengendalikan mutu, harus diterapkan pengujian pada setiap frekuensi tertentu untuk menjamin kualitas sesuai dengan spesifikasi yang ada dan sesuai dengan *Design Mix Formula* (DMF) maupun *Job Mix Formula* (JMF) yang telah ditetapkan.

Di dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 disebutkan bahwa di dalam pengendalian mutu, frekuensi minimum pengujian untuk pengendalian mutu harus sesuai dengan Tabel 5. 8 di bawah ini.

Tabel 5. 8. Pengendalian Mutu

Bahan dan Pengujian	Frekwensi pengujian
<b>Aspal :</b>	
Aspal berbentuk drum	$^3\sqrt{\text{dari jumlah drum}}$
Aspal curah	Setiap tangki aspal
Jenis pengujian aspal drum dan curah mencakup : Penetrasi dan Titik Lembek	
Asbuton butir/Aditif Asbuton	$^3\sqrt{\text{dari jumlah kemasan}}$
- Kadar Air	
- Ekstraksi (kadar aspal)	
- Ukuran butir maksimum	
- Penetrasi aspal buton	
<b>Agregat :</b>	
- Abrasi dengan mesin Los Angeles	Setiap 5.000 m <sup>3</sup>
- Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan	Setiap 1.000 m <sup>3</sup>
- Gradasi agregat dari penampang panas (hot bin)	Setiap 250 m <sup>3</sup> (min. 2 pengujian per hari)
- Nilai setara pasir (sand equivalent)	Setiap 250 m <sup>3</sup>
<b>Campuran :</b>	
- Suhu di AMP dan suhu saat sampai di lapangan	Setiap <i>batch</i> dan pengiriman
- Gradasi dan kadar aspal	Setiap 200 ton (min. 2 pengujian per hari)
- Kepadatan, stabilitas, kelelahan, Marshall Quotient, rongga dalam campuran pd. 75 tumbukan	Setiap 200 ton (min. 2 pengujian per hari)
- Rongga dalam campuran pd. Kepadatan	Setiap 3.000 ton



Membal	
- Campuran Rancangan ( <i>Mix Design</i> ) Marshall	Setiap perubahan agregat/rancangan
<b>Lapisan yang dihampar :</b>	
- Benda uji inti ( <i>core</i> ) berdiameter 4” untuk partikel ukuran maksimum 1” dan 6” untuk partikel ukuran di atas 1”, baik untuk pemeriksaan pemadatan maupun tebal lapisan.	6 benda uji inti untuk setiap kelipatan 200 meter penjang per lajur dan $\sqrt[3]{}$ panjang dari “kelipatan terakhir dari 200 meter ditambah sisa panjang yang kurang dari 200 meter” per lajur
<b>Toleransi Pelaksanaan :</b>	
- Elevasi permukaan, untuk penampang melintang dari setiap jalur lalu lintas.	Paling sedikit 3 titik yang diukur melintang pada paling sedikit setiap 12,5 meter memanjang sepanjang jalan tersebut

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010

Untuk campuran yang menggunakan RAP, hal yang harus diperhatikan adalah faktor keseragaman gradasi dan keseragaman kadar aspal di dalam agregat RAP. Sehingga untuk OGEMs dengan campuran RAP, kedua faktor tersebut harus dilakukan pengujian yang lebih ketat dibandingkan dengan OGEMs tanpa campuran RAP.

Pengambilan contoh RAP untuk pengujian bisa diambil dari jalan dilakukan pengeboran/*core drill* sebelum dilakukan pengerukan dengan mesin penggaruk dingin (*Cold Milling Machine*), pada *stockpile* atau pada saat pengangkutan (di atas truk). Untuk sampel yang diambil langsung di jalan, setidaknya diambil minimal 1 kali di setiap 1,6 lajur-km (1 lane-mi). Sedangkan sampel yang diambil di *stockpile*, dilakukan sampling gradasi dan kadar aspalnya 1 kali per 500 – 1000 ton, minimal 1 kali per 1000 ton.

Dari komposisi campuran aspal dingin yang mengandung RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dilakukan analisa biaya. Dalam analisa biaya ini dibandingkan antara campuran dengan menggunakan 20% RAP yang selanjutnya disebut Campuran 1 dan 0% RAP yang selanjutnya disebut Campuran 2.

Dari Tabel 5. 8 di atas, analisa biaya untuk pengujian laboratorium dapat dilakukan dengan persyaratan yang harus dipenuhi. Jumlah campuran aspal dingin

yang akan dibuat diasumsikan sebanyak 5.000 ton. Dengan asumsi berat volume campuran aspal dingin sebesar 2,19 ton/m<sup>3</sup>, apabila dikonversikan kedalam volume akan menjadi 2.283 m<sup>3</sup>.

Untuk perhitungan analisa biaya dalam penelitian ini, digunakan frekuensi 1 kali pengujian gradasi dan kadar aspal per 1000 ton RAP yang digunakan. Dengan asumsi berat isi dari material RAP adalah 2,48 ton/m<sup>3</sup> atau dilakukan tiap 403 m<sup>3</sup> agregat RAP (untuk penyederhanaan dilakukan tiap 400 m<sup>3</sup>). Untuk material baru uji gradasinya setiap 1000 m<sup>3</sup>. Untuk perhitungan secara detail dapat dilihat pada Lampiran 5 dan Lampiran 6. Hasil analisa biaya pengujian laboratorium untuk campuran 1 adalah sebesar Rp. 12.265.000,-. Sedangkan biaya pengujian untuk campuran 2 adalah sebesar Rp. 8.255.000,-. Sehingga komponen biaya pengujian untuk campuran 1 dan 2 masing-masing adalah Rp. 5.372,07/m<sup>3</sup> dan Rp. 3.615,69/m<sup>3</sup>.

#### 5.4.2 Analisa Biaya Produksi Campuran Aspal Dingin

Proses pencampuran aspal dingin dengan RAP pada prinsipnya sama dengan pencampuran aspal dingin tanpa RAP. Bedanya hanya pada bahan yang dipakai. Biaya produksi campuran 1 adalah Rp. 2.439.573,40/m<sup>3</sup>. Sedangkan biaya produksi campuran 2 adalah Rp. 2.796.469,45/m<sup>3</sup>. Untuk perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5. 9 dan pada Lampiran 7 dan Lampiran 8.

Tabel 5. 9. Perbandingan Harga Campuran Aspal Dingin

No.	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Asumsi Produksi (m <sup>3</sup> )	Harga Satuan (Rp)		Jumlah (Rp)
					Biaya Pengujian	Biaya Produksi	
1	OGEMs dengan 20% RAP	m <sup>3</sup>	1	2283	5.372,07	2.439.573,40	2.444.945,47
2	OGEMS dengan 0% RAP	m <sup>3</sup>	1	2283	3.615,69	2.796.469,45	2.800.085,14

Sumber : Hasil Perhitungan

### 5.4.3 Kesimpulan Analisa Biaya Penggunaan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang

Pada Tabel 5. 9 di atas total biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan campuran aspal dingin dengan ditambah 20% RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang adalah sebesar Rp. 2.444.945,47/m<sup>3</sup> dan biayanya lebih murah 12,68% apabila dibandingkan dengan campuran aspal dingin tanpa menggunakan RAP dengan biaya sebesar Rp. 2.800.085,14/m<sup>3</sup>.

Selain keuntungan harga yang lebih rendah, terdapat keuntungan lain apabila menggunakan campuran dengan penambahan RAP. Keuntungan tersebut adalah mengurangi laju kerusakan dan eksplorasi yang berlebihan terhadap lingkungan, terutama terhadap penambangan agregat. Penggunaan RAP juga dapat mengurangi biaya lingkungan, yaitu biaya-biaya yang terjadi karena adanya kualitas lingkungan yang mungkin terjadi. *United States Environmental Protection Agency* (EPA) mengklasifikasikan biaya lingkungan dalam biaya konvensional, biaya tersembunyi, biaya kontingensi, biaya *image*, dan biaya sosial.

1. Biaya konvensional, adalah biaya penggunaan material, utilitas, barang modal, dan bahan pembantu yang dimasukkan sebagai harga barang jadi tetapi sering tidak dimasukkan sebagai biaya lingkungan. Akan tetapi, penggunaan yang berkurang dari bahan-bahan di atas dan limbah yang berkurang lebih menguntungkan secara lingkungan.
2. Biaya tersembunyi, adalah biaya tak langsung yang berkaitan dengan desain produk dan proses yang ramah lingkungan, dan lain-lain.
3. Biaya kontingensi, adalah biaya yang mungkin termasuk atau tidak termasuk pada waktu yang akan datang. Misalnya : biaya kompensasi karena “kecelakaan” lingkungan, denda, dan lain-lain.
4. Biaya *image*, adalah biaya lingkungan yang bersifat *intangible* karena dinilai secara subyektif.
5. Biaya sosial, merupakan biaya dari pengaruh bisnis pada lingkungan dan masyarakat disekitarnya, biaya ini juga disebut biaya eksternal atau *externalities*.

Sehingga dengan penggunaan material RAP tersebut diharapkan dapat mengurangi biaya lingkungan yang mungkin terjadi.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan percobaan laboratorium dan analisis terhadap OGEMs dengan bahan RAP J. Kol. H. Burlian Palembang dapat disimpulkan :

1. Hasil gradasi terhadap agregat RAP menunjukkan bahwa agregat RAP cenderung bergradasi halus, karena pengerukan yang dilakukan dengan mesin CMM cenderung menghasilkan material dengan fraksi halus. Hasil pengujian karakteristik agregat RAP menghasilkan nilai kekekalan bentuk agregat 5,6%, abrasi 26%, dan kelekatan agregat terhadap aspal >95%. Sementara hasil pengujian aspal RAP menghasilkan nilai penetrasi 9 dan daktilitas 5.
2. Hasil pengujian terhadap material baru yang ditambahkan (agregat maupun aspal emulsi) memenuhi semua persyaratan yang telah ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga, sehingga bisa digunakan sebagai bahan OGEM's.
3. Dari hasil gradasi campuran, diperoleh komposisi optimal penggunaan RAP sebesar 20% dan material baru 80% sebagai bahan campuran OGEMs.
4. Karakteristik campuran dengan penggunaan RAP sebesar 20% dan material baru 80% hasil pengujian Marshall memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga. Kadar aspal optimum dalam campuran adalah 4,4%. Dimana kadar aspal dalam campuran terdiri atas 0,85 % bitumen RAP dan 3,55 % aspal residu yang didapatkan dari penambahan 6,2 % aspal emulsi modifikasi.
5. Dari penggunaan RAP sebesar 20% terdapat pengurangan biaya sebesar 13,02% dibandingkan campuran aspal dingin tanpa RAP. Perhitungan biaya tersebut ditinjau dari segi biaya pengujian serta biaya pembuatan campuran aspal dingin dan belum memperhitungkan keuntungan atas pengurangan laju kerusakan lingkungan.

## **6.2 Saran**

1. Dari hasil percobaan, didapatkan bahwa dari persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi campuran aspal dingin, hal yang bisa membatasi penggunaan RAP dalam campuran yaitu gradasi agregat RAP. Untuk itu disarankan untuk penelitian selanjutnya mencari RAP dengan gradasi yang lebih kasar sehingga penggunaan proporsi RAP dapat lebih banyak lagi, dengan demikian lebih banyak lagi penghematan yang dapat dilakukan.
2. Selain itu perlu adanya pengkajian lebih detail terhadap analisa biaya mengenai pengurangan laju penambangan serta laju kerusakan lingkugan akibat pemakaian ulang material RAP.
3. Guna mengkaji tingkat kesulitan pekerjaan daur ulang dengan aspal emulsi perlu pengujian lebih lanjut antara lain dengan mengadakan pengujian skala lapangan.
4. Pada tingkat kelembagaan penelitian ini dimaksudkan sebagai masukan alternatif bagi pengembangan konstruksi lapis lentur jalan, maupun sebagai bahu jalan yag diperkeras.

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Tata Cara Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat.....	87
Lampiran 2. Tabel Gradasi Agregat Gabungan antara RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan Agregat Baru 80% .....	96
Lampiran 3. Tabel Hasil Uji Campuran dengan Alat Marshall Antara RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% dan Agregat Baru 85% .....	97
Lampiran 4. Tabel Hasil Uji Campuran dengan Alat Marshall Antara RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan Agregat Baru 80% <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Lampiran 5. Tabel Perhitungan Biaya Pengujian Material dengan Menggunakan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% .....	99
Lampiran 6. Tabel Perhitungan Biaya Pengujian Material Tanpa RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang .....	101
Lampiran 7. Tabel Analisa Harga Satuan Pekerjaan OGEMs dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% per m <sup>3</sup> .....	102
Lampiran 8. Tabel Analisa Harga Satuan Pekerjaan OGEMs dengan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% per m <sup>3</sup> .....	103

## **LAMPIRAN**

### **Lampiran 1. Tata Cara Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat**

#### **1. Ruang Lingkup**

- 1) Tata cara ini membahas ketentuan dan cara penyiapan benda uji agregat dari suatu contoh agregat benda uji yang dihasilkan mempunyai sifat sama dengan contohnya.
- 2) Lingkup tata cara mencakup, penyiapan benda uji dari contoh yang datang dari lapangan disesuaikan dengan kondisi agregat serta jumlah benda uji yang diperlukan.

#### **2. Acuan**

Standar ini mengacu pada standar tersebut dibawah ini.

- American Association of State Highways and Transportations Official, Part II Tests 1990 : *Standard Method of Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size. AASHTO T. 24898.*

#### **3. Istilah dan Deiinisi Yang dimaksud dengan:**

##### **3.1 Benda uji**

Bagian dari contoh agregat yang telah disiapkan dengan cara tertentu dan siap diuji;

##### **3.2 Contoh agregat**

Material yang diambil dari satu kelompok material dengan cara tertentu sehingga mewakili kelompok tersebut.

#### **4. Prinsip**

- 1) Keharusan pengambilan contoh agregat yang mewakili kelompok agregat sama pentingnya dengan pengujian itu sendiri.
- 2) Banyaknya contoh agregat yang diambil dari kelompok agregat di lapangan harus diprogramkan sesuai dengan jenis pengujian yang akan dilaksanakan.



- 3) Benda uji harus disiapkan sehingga mempunyai sifat yang sama dengan contoh agregat.
- 4) Sesuai dengan 3) bila contoh agregat terdiri lebih dari satu wadah, maka benda uji harus disiapkan dari campuran seluruh contoh agregat yang ada.
- 5) Bila dalam contoh agregat hanya mengandung beberapa butir fraksi tertentu sehingga kalau contoh dibagi bagian tersebut tidak dapat terbagi rata, maka contoh harus diuji seluruhnya sebagai satu benda uji.

## **5. Metode Penyiapan Benda Uji**

Penyiapan benda uji dari contoh agregat yang telah diambil dari lapangan dapat dilakukan dengan salah satu dari 3 metode berikut :

- Metode splitter (Gambar 1).
- Metode perempatan yang terdiri dari dua cara yaitu
  - 1) Metode perempatan cara 1 (Gambar 2)
  - 2) Metode perempatan cara 2 (Gambar 3)
- Metode pembentukan gundukan mini (Gambar 4)

## **6. Peralatan**

### **6.1 Peralatan untuk Metode Splitter**

Peralatan untuk metode splitter disajikan dalam Gambar 1 dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Splitter dengan syarat sebagai berikut :
  - a) Mempunyai lubang pembagi berjumlah genap, paling sedikit 8 untuk agregat kasar dan paling sedikit 12 untuk agregat halus;
  - b) Lebar lubang-lubang tersebut harus sama dan setiap lubang yang berurutan, arah aliran pengeluarannya saling berlawanan;
  - c) Lebar lubang tidak boleh kurang dari 1,5 kali Likuran agregat terbesar yang akan dibagi;
  - d) Splitter harus dapat mengalirkan secara lancar agregat yang dibaginya.
- 2) Dua buah penampung;
- 3) Nampan yang digunakan sebagai alat untuk menuangkan contoh ke dalam splitter;

- 4) Wadah-wadah untuk menampung hasil pembagian contoh.

## **6.2 Peralatan untuk Metode Perempatan**

- 1) Peralatan untuk metode perempatan cara 1 adalah :
  - a) Sekop.
  - b) Sapu atau sikat.
  - c) Mistar pelurus.
  - d) Lantai datar, rata, dan tidak mudah lepas untuk menempatkan agregat yang akan dibagi.
  - e) Wadah-wadah untuk menampung hasil pembagian contoh.
- 2) Peralatan untuk metode perempatan cara 2 adalah :
  - a) Terpal atau lembaran plastik ukuran kira-kira 2 x 2,5m untuk penempatan agregat yang akan dibagi.
  - b) Tongkat pelurus.
  - c) Sikat.
  - d) Wadah-wadah untuk menampung hasil pembagian.

### **3) Peralatan untuk Metode Gundukan Mini**

Peralatan untuk metode gundukan mini adalah :

- Sekop kecil atau sendok.
- Alas yang rata, keras, halus dan tidak mudah lepas untuk meletakkan agregat.
- Wadah-wadah untuk menampung hasil pembagian.

## **7 Pemilihan Metode**

### **7.1 Metode Splitter**

Metode splitter digunakan untuk :

- 1) Agregat kasar;
  - 2) Agregat halus yang lebih kering dari permukaan jenuhnya;
  - 3) Pembagian pendahuluan agregat halus basah yang jumlahnya cukup banyak;
- pembagian dilakukan menggunakan splitter yang mempunyai ukuran lubang besar yaitu 37,5 mm sampai mendapatkan contoh paling sedikit 5 kg, selanjutnya contoh yang diperoleh dikeringkan dan dibagi menggunakan splitter yang berukuran sesuai dengan ukuran agregat halus.

## **7.2 Metode Perempatan**

Metode perempatan digunakan untuk :

- 1) Agregat kasar;
- 2) Agregat halus yang lebih basah dari keadaan kering permukaan jenuh.

Metode splitter mertipakan pilihan terbaik dalam penyiapan contoh benda uji, meskipun metode perempatan dapat juga digunakan.

## **7.3 Metode Gundukan Mini**

Metode gundukan mini digunakan untuk :

- 1) Agregat halus dalam kondisi basah.
- 2) Sebagai lanjutan dari metode splitter atau perempatan untuk mendapatkan jumlah benda uji tertentu.

Pemilihan metode penyiapan ini secara keseluruhan digambarkan dalam bentuk bagan alir yang dapat dilihat dalam Lampiran.

## **7.4 Memperkirakan Keadaan Kering Permukaan Jenuh Agregat Halus**

Sebagai pendekatan dalam memperkirakan kadar kering permukaan jenuh dapat dilakukan dengan mengepal contoh agregat halus. Bila setelah kepalan dibuka masih menggumpal menandakan agregat halus tersebut dalam keadaan kering permukaan jenuh atau lebih basah.

## **8 Persiapan Pengerjaan**

### **8.1 Penentuan Jumlah Benda Uji**

- 1) Buat daftar pengujian-pengujian yang akan dilaksanakan pada contoh yang akan diuji.
- 2) Tentukan daftar banyaknya bahan yang diperlukan untuk setiap benda uji.

### **8.2 Penyiapan Bahan**

- 1) Siapkan wadah-wadah bahan benda uji serta label sesuai dengan daftar yang telah dibuat dalam 8.1;
- 2) Kumpulkan semua contoh agregat ditempat akan melakukan penyiapan bahan;

- 3) Periksa apakah contoh tersebut termasuk agregat kasar atau agregat halus dan periksa ukuran butir terbesar;
- 4) Bila material berupa agregat halus periksa kondisi kering permukaan jenuh seperti yang diuraikan dalam 7.4.

### **8.3 Pemilihan Metode Penyiapan**

Sebagai hasil pemeriksaan sub pasal 8.2.3) dan 8.2.4) tentukan metode penyiapan yang tepat sesuai dengan ayat 7 atau dapat dilihat dalam bagan alir yang digambarkan dalam Lampiran A.

### **8.4 Cara Pelaksanaan**

#### **8.4.1 Metode Splitter**

Metode splitter dikerjakan sebagai berikut :

- 1) Siapkan splitter yang mempunyai ukuran lubang kira-kira 1,5 kali ukuran butir agregat terbesar;
- 2) Letakkan kedua penampang di bawah lubang pembagi;
- 3) Isikan contoh agregat secukupnya ke dalam nampan pemasok;
- 4) Ratakan contoh agregat tersebut pada seluruh lebar nampan pemasok sehingga dapat terbagi rata masuk ke dalam splitter;
- 5) Tumpahkan contoh agregat tersebut ke dalam splitter dengan kecepatan tertentu sehingga terjadi aliran bebas melalui lubang persegi;
- 6) Teruskan kegiatan 1) sampai dengan 5) hingga semua contoh uji terbagi menjadi dua bagian;
- 7) Kerjakan kegiatan 1) sampai dengan 6) terhadap salah satu hasil pembagian sampai diperoleh jumlah benda uji yang direncanakan. Simpan hasil pembagian yang lain dan gunakan untuk penyiapan benda uji bila hasil pembagian yang pertama tidak mencukupi;
- 8) Masukkan semua bahan hasil pembagian yang telah diperoleh ke dalam wadah-wadah seperti yang telah disiapkan dalam 8.2.1).

#### **8.4.2 Metode Perempatan**

Pilihlah cara perempatan yang akan digunakan sesuai dengan pasal 5.

## **1. Metode perempatan cara 1**

- (1) Tumpahkan contoh dari semua wadah ke suatu permukaan lantai yang keras, halus, datar, rata dan tidak mudah terkelupas.
- (2) Aduk contoh agregat yang sudah terkumpul tersebut secara merata dengan membalik-balikkannya dengan menggunakan sekop.
- (3) Pada pembalikan yang terakhir bentuklah kerucut dengan menempatkan satu sekop contoh penuh ke atas sekopan sebelumnya.
- (4) Tekan puncak kerucut tersebut dengan sekop secara hati-hati sehingga terbentuk kerucut terpancung dengan ketebalan dan diameter yang seragam. Usahakan diameter kerucut terpancung ini kira-kira 4 sampai 8 kali ketebalannya.
- (5) Bagilah kerucut terpancung tersebut dengan sekop menjadi empat bagian yang sama.
- (6) Ambil 2 bagian yang bersilangan dengan sekop dan dengan kwas sampai seluruh material terbawa seperti yang terlihat dalam Gambar 2.
- (7) Teruskan pembagian seperti urutan (1) sampai dengan (6) terhadap bagian contoh yang telah dikerjakan pada (6) sampai mendapatkan jumlah bahan benda uji yang direncanakan.
- (8) Masukkan semua bahan hasil pembagian yang telah didapat ke dalam wadah-wadah serta beri label seperti yang telah disiapkan dalam 8.2.2)

## **2. Metode perempatan cara 2**

- (1) Buka terpal atau lembaran plastik yang telah disediakan seperti diuraikan dalam 6.2.2) a).
- (2) Tumpahkan contoh dari semua wadah ke atas terpal atau lembaran plastik tersebut.
- (3) Aduk contoh agregat tersebut dan bentuklah menjadi kerucut dengan sekop seperti pada cara 1. Pengadukan serta pembentukan kerucut ini dapat juga dilakukan dengan jalan mengangkat ujung plastik secara bergantian sehingga contoh teraduk dengan sempurna dan membentuk kerucut (lihat Gambar 3).

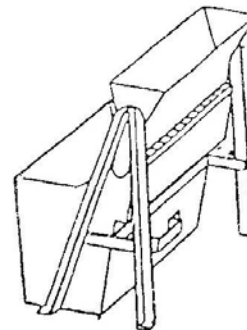
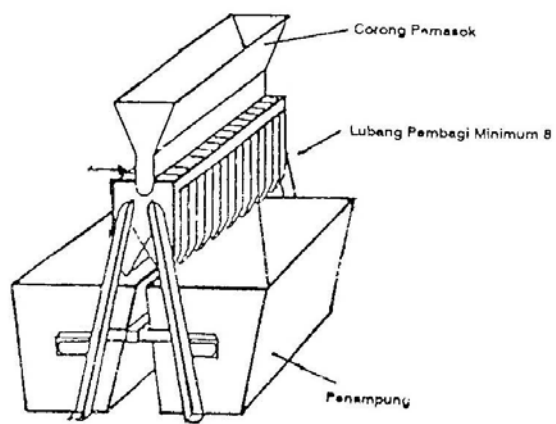
- (4) Tekanlah puncak kerucut sehingga terbentuk kerucut terpancung seperti cara satu (8.4.2. 1 ) (4)).
- (5) Bagilah kerucut terpancung menjadi 4 bagian seperti cara 1 (8.4.2.1) (5)). Bila lantai dasar tidak rata, masukkan tongkat ke bawah tepat dibawah pusat kerucut terpancung, kemudian angkat kedua ujungnya. Terpal akan terlipat dan membagi contoh menjadi 2 bagian yang sama (1)
- (6) Tarik tongkat dari bawah terpal kemudian masukkan. kembali dalam arah tegak lurus dengan pembagian yang pertama. Kemudian angkat tongkat tersebut sehingga contoh terbagi menjadi 4 bagian yang sama.
- (7) Ambil 2 bagian seperempatan contoh yang bersilangan sampai tidak ada yang tersisa seperti cara 1 (8.4.2. 1) (6)). Teruskan pembagian seperti urutan (1) sampai (7) terhadap bagian contoh yang telah dikerjak-an pada (7) sampai mendapatkan jumlah bahan benda uji yang direncanakan.
- (8) Masukkan semua bahan hasil pembagian yang telah didapat ke dalam wadah serta beri label seperti yang telah disiapkan dalam 8.2.1).

#### **8.4.3 Metode Gundukan Mini**

Metode gundukan mini dikeijakan sebagai berikut :

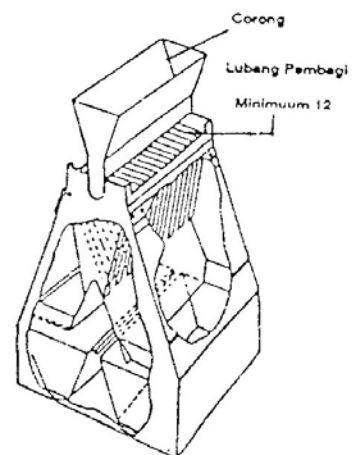
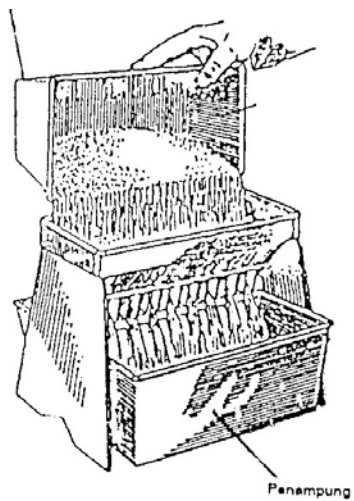
- 1) Tumpahkan contoh agregat yang akan diuji ke suatu permukaan lantai yang keras, halus, rata dan tidak mudah terkelupas;
- 2) Aduk contoh tersebut sampai rata dan bentuklah suatu gundukan mini menyerupai kerucut;
- 3) Ambil contoh agregat sampai mendapatkan jumlah yang diinginkan paling sedikit dari lima tempat secara acak dari gundukan mini tersebut dengan menggunakan sendok atau sekop kecil.

#### **GAMBAR-GAMBAR**

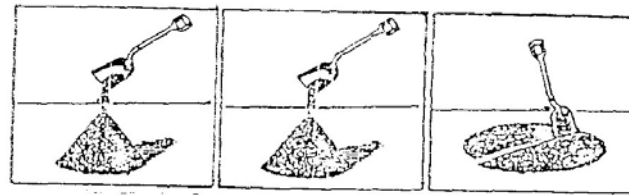


Splitter Besar untuk Agregat kasar

Nampan  
1



Splitter untuk Agregat Halus



Tuangkan 2.5 liter Contoh  
soda Lantai yang Keras

Campur dan Bentuklah  
kerucut

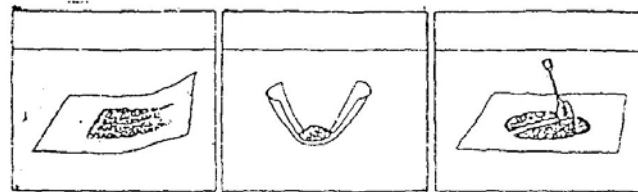
Ulatkan dan Bagilah



Bagi menjadi 4 (empat)  
bagian yang sama

Ambil 2 (dua) bagian  
yang pertengahan  
saling lainnya

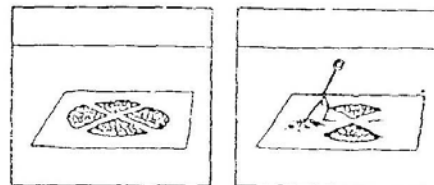
Gambar 2. Penyiapan Benda Uji Metode Perompakan Cara 1



Campur Contoh  
menggunakan Terpal

Bentuklah Kerucut  
Menggunakan Terpal

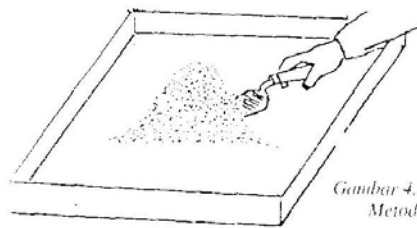
Ulatkan kemudian bagilah



Bagi menjadi 4 (empat)  
bagian yang sama

Ambil 2 bagian yang  
bersilangan

Gambar 3. Penyiapan Benda Uji Metode Perompakan Cara 2

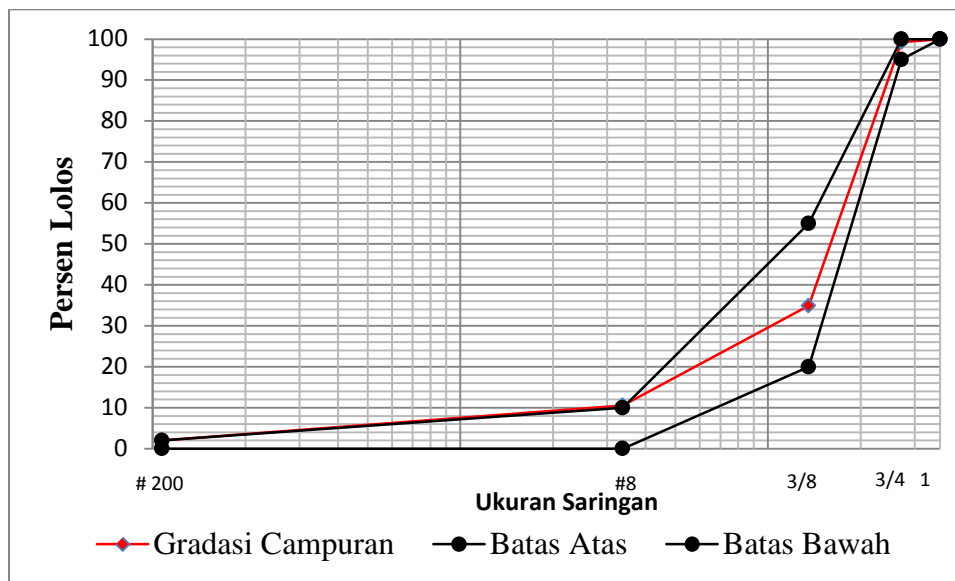


Gambar 4. Penyiapan Benda Uji  
Metode Gundukan Mini



Lampiran 2. Tabel Gradasi Agregat Gabungan antara RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan Agregat Baru 80%

Uraian	U k u r a n   s a r i n g a n				
Inc mm	1" 25,40	3/4 " 19,00	3/8 " 9,50	# 8 2,36	# 200 0,075
<b>DATA GRADASI</b>					
SPLIT 1-2	100,0	100,00	23,13	1,75	1,16
SCREEN 1-1	100,0	100,00	91,47	17,99	1,52
RAP	100,0	96,19	82,11	45,83	5,60
<b>KOMBINASI AGREGAT</b>					
SPLIT 1-2                      80,00%	80,0	80,00	18,50	1,40	0,93
SCREEN 1-1                    0,00%	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
RAP                                20,00%	20,0	19,24	16,42	9,17	1,12
<b>Total campuran</b> 100,00%	100	99	35	10	2
<b>Spec.gradasi</b>					
max	100,0	100,0	55,0	10,0	2,0
min	100,0	95,0	20,0	0,0	0,0



Lampiran 3. Tabel Hasil Uji Campuran dengan Alat Marshall Antara RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 15% dan Agregat Baru 85%

### PERCOBAAN MARSHALL

SNI 06-2489-1991

SPESIFIKASI : OGEM's

AGREGAT DARI :

PROYEK : RAP 15%

ASPAL : ASPAL EMULSI CSS-1h MODIFIKASI

TANGGAL :

DIKERJAKAN :

DIPERIKSA :

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
1	4,0	3,3	938,7	951,5	487,9	463,6	2,025	2,082	375	937,5	1115,6	2,80	398,4	2,69	29,90
2	4,0	3,3	977,4	978,6	516,0	462,6	2,113	2,118	380	950,0	1130,5	2,60	434,8	2,69	29,90
3		3,3					<b>2,069</b>	<b>2,100</b>			<b>1123,1</b>	<b>2,70</b>	<b>416,6</b>	<b>2,69</b>	<b>29,90</b>
1	4,0	3,8	956,5	1009,9	544,5	465,4	2,055	2,322	400	1000,0	1190,0	3,20	371,9	3,19	34,43
2	4,0	3,8	965,5	999,5	532,4	467,1	2,067	2,229	400	1000,0	1190,0	3,15	377,8	3,19	34,43
3		3,8					<b>2,061</b>	<b>2,275</b>			<b>1190,0</b>	<b>3,18</b>	<b>374,8</b>	<b>3,19</b>	<b>34,43</b>
1	4,0	4,3	968,2	974,1	509,8	464,3	2,085	2,112	420	1050,0	1249,5	3,35	373,0	3,69	38,96
2	4,0	4,3	944,8	1000,6	537,1	463,5	2,038	2,317	410	1025,0	1219,8	3,40	358,8	3,69	38,96
3		4,3					<b>2,062</b>	<b>2,215</b>			<b>1234,6</b>	<b>3,38</b>	<b>365,9</b>	<b>3,69</b>	<b>38,96</b>
1	4,0	4,8	969,3	993,2	526,5	466,7	2,077	2,189	420	1050,0	1249,5	3,55	352,0	4,20	43,49
2	4,0	4,8	963,6	976,7	508,2	468,5	2,057	2,116	395	987,5	1175,1	3,50	335,8	4,20	43,49
3		4,8					<b>2,067</b>	<b>2,152</b>			<b>1212,3</b>	<b>3,53</b>	<b>343,9</b>	<b>4,20</b>	<b>43,49</b>
1	4,0	5,3	810,7	878,0	417,5	460,5	1,760	2,062	385	962,5	1145,4	3,60	318,2	4,70	48,02
2	4,0	5,3	970,6	986,4	521,5	464,9	2,088	2,161	390	975,0	1160,3	3,80	305,3	4,70	48,02
3	4,0	5,3	840,6	877,2	414,5	462,7	1,817	1,973	382	955,0	1136,5	3,70	307,1	4,70	48,02
		<b>5,3</b>					<b>1,888</b>	<b>2,065</b>			<b>1147,4</b>	<b>3,70</b>	<b>310,2</b>	<b>4,70</b>	<b>48,02</b>

Bj. aspal : **1,012**

Abs. Aspal : **0,634**

Keterangan :

a = % air terhadap campuran

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering (gr)

d = berat dalam keadaan jenuh (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = isi (d-e)

g = berat isi (c/f)

h = berat jenis semu (c/(c-e))

i = pembacaan arloji stabilitas

j = stabilitas (I x konversi)

k = stabilitas (kg)

n x koreksi benda uji

l = kelelahan (mm)

m = Hasil bagi Marshall

n / o (kg/mm)

n = Kadar aspal eff. (%)

b-((Abs.aspal/100)\*(100-b))

0 = Tebal film aspal (mikron)

(b/100-b)\*(1/Bj. Aspal)\*(1/Luas

Permukaan Agg)\*Berat Agg

Lampiran 4. Tabel Hasil Uji Campuran dengan Alat Marshall Antara RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20% dan Agregat Baru 80%

### PERCOBAAN MARSHALL

SNI 06-2489-1991

SPESIFIKASI : OGEM's

AGREGAT DARI :

PROYEK : RAP 20%

ASPAL : ASPAL EMULSI CSS-1h MODIFIKASI

TANGGAL :

DIKERJAKAN :

DIPERIKSA :

No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	m	n	o	p	q	r
1	4,0	3,4	960,6	968,4	537,6	430,8	2,230	2,271	381	952,5	1324,0	2,40	551,7	2,80	28,74
2	4,0	3,4	957,6	973,1	530,4	442,7	2,163	2,242	364	943,2	1245,0	2,50	498,0	2,80	28,74
3		<b>3,4</b>					<b>2,196</b>	<b>2,256</b>			<b>1284,5</b>	<b>2,45</b>	<b>524,8</b>	<b>2,80</b>	<b>28,74</b>
1	4,0	3,9	989,2	999,2	537,7	461,5	2,143	2,191	455	1137,5	1353,6	3,20	423,0	3,30	33,14
2	4,0	3,9	964,0	984,5	538,9	445,6	2,163	2,268	430	1075,0	1343,8	2,80	479,9	3,30	33,14
3		<b>3,9</b>					<b>2,153</b>	<b>2,229</b>			<b>1348,7</b>	<b>3,00</b>	<b>451,5</b>	<b>3,30</b>	<b>33,14</b>
1	4,0	4,4	983,5	1005,1	535,4	469,7	2,094	2,195	484	1210,0	1439,9	3,23	445,8	3,81	37,58
2	4,0	4,4	969,8	988,1	533,0	455,1	2,131	2,220	480	1200,0	1500,0	2,50	600,0	3,81	37,58
3		<b>4,4</b>					<b>2,112</b>	<b>2,208</b>			<b>1470,0</b>	<b>2,87</b>	<b>522,9</b>	<b>3,81</b>	<b>37,58</b>
1	4,0	4,9	929,2	954,9	519,4	435,5	2,134	2,267	326	815,0	1075,8	4,44	242,3	4,31	42,07
2	4,0	4,9	975,8	993,6	542,7	450,9	2,164	2,253	378	945,0	1181,3	3,64	324,5	4,31	42,07
3		<b>4,9</b>					<b>2,149</b>	<b>2,260</b>			<b>1128,5</b>	<b>4,04</b>	<b>283,4</b>	<b>4,31</b>	<b>42,07</b>
1	4,0	5,4	973,8	993,7	537,4	456,3	2,134	2,231	324	810,0	1012,5	2,12	477,6	4,81	46,61
2	4,0	5,4	980,0	999,1	535,3	463,8	2,113	2,204	389	972,5	1157,3	2,50	462,9	4,81	46,61
3		<b>5,4</b>					<b>2,124</b>	<b>2,218</b>			<b>1084,9</b>	<b>2,31</b>	<b>470,3</b>	<b>4,81</b>	<b>46,61</b>

Bj. aspal : **1,012**

Abs. Aspal : **0,622**

Keterangan :

a = % air terhadap campuran

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering (gr)

d = berat dalam keadaan jenuh (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = isi (d-e)

g = berat isi (c/f)

h = berat jenis semu (c/(c-e))

i = pembacaan arloji stabilitas

j = stabilitas (l x konversi)

k = stabilitas (kg)

n x koreksi benda uji

l = kelelahan (mm)

m = Hasil bagi Marshall

n / o (kg/mm)

n = Kadar aspal eff. (%)

b-((Abs.aspal/100)\*(100-b))

0 = Tebal film aspal (mikron)

(b/100-b)\*(1/Bj. Aspal)\*(1/Luas

Permukaan Agg)\*Berat Agg

Lampiran 5. Tabel Perhitungan Biaya Pengujian Material dengan Menggunakan RAP Jl. Kol. H. Burlian Palembang 20%

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Volume	Jumlah (Rp)
I	Material RAP				
A.	Pengujian Agregat				
1	Ekstraksi				
	- Refluks (kadar Aspal dan Gradasi)	Ls	1.890.000,00	1	1.890.000,00
	- Centrifuge	Ls	200.000,00	1	200.000,00
	-Recovery (penetrasi, daktilitas, titik lembek, dan berat jenis)	Ls	290.000,00	1	290.000,00
2	Analisa Saringan				
	- Material hasil ekstraksi RAP	per set	100.000,00	1	100.000,00
3	Abrasi dengan mesin Los Angeles	per set	150.000,00	1	150.000,00
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	per set	100.000,00	1	100.000,00
5	Berat jenis kasar	per set	100.000,00	1	100.000,00
6	Berat jenis dan penyerapan agregat halus	per set	100.000,00	1	100.000,00
7	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	per set	400.000,00	1	400.000,00
B.	Pengujian Aspal				
1	Penetrasi	per sampel	100.000,00	3	300.000,00
2	Titik lembek	per sampel	75.000,00	2	150.000,00
3	Daktilitas	per sampel	130.000,00	2	260.000,00
4	Berat jenis	per sampel	70.000,00	1	70.000,00
II	Material Baru				
A.	Pengujian Agregat				
1	Analisa saringan				
	- Split 1/2	per set	100.000,00	1	100.000,00
2	Abrasi dengan mesin Los Angeles	per set	150.000,00	1	150.000,00
3	Kelekatan agregat terhadap aspal	per set	100.000,00	1	100.000,00
4	Berat jenis kasar	per set	100.000,00	1	100.000,00
5	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	per set	400.000,00	1	400.000,00
6	Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan (Setiap 400 m³)	per set	100.000,00	3	300.000,00
B.	Pengujian Aspal				
	Viskositas	per sampel	110.000,00	1	110.000,00
	Pengendapan 1 dan 5 hari	per sampel	75.000,00	2	150.000,00
	Muatan Listrik	per sampel	65.000,00	1	65.000,00
	Hasil uji campuran semen	per sampel	75.000,00	1	75.000,00
	Analisa saringan	per sampel	80.000,00	1	80.000,00
	Sisa destilasi	per sampel	115.000,00	1	115.000,00
	Penetrasi	per sampel	100.000,00	3	300.000,00
	Daktilitas	per sampel	130.000,00	2	260.000,00

Lanjutan Lampiran 5.

III	Pengujian Benda Uji				
1	Briket marshall (15 unit)	per sampel	990.000,00	4	3.960.000,00
	Gradasi dan kadar aspal				
	- Reflux (untuk gradasi dan kadar aspal)	Ls	1.890.000,00	1	1.890.000,00
<b>Total</b>					12.265.000,00

\* Asumsi jumlah OGEMS = 5000 ton  
= 2283 m3  
\* Asumsi jumlah Agregat RAP  
= 457 m3

Lampiran 6. Tabel Perhitungan Biaya Pengujian Material Tanpa RAP Jl. Kol. H.  
Burlian Palembang

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Volume	Jumlah (Rp)
A.	Pengujian Agregat				
1	Analisa saringan				
	- Split ½	per set	100.000,00	1	100.000,00
2	Abrasi dengan mesin Los Angeles	per set	150.000,00	1	150.000,00
3	Kelekatan agregat terhadap aspal	per set	100.000,00	1	100.000,00
4	Berat jenis kasar	per set	100.000,00	1	100.000,00
6	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	per set	400.000,00	1	400.000,00
7	Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan (Setiap 400 m³)	per set	100.000,00	4	400.000,00
B.	Pengujian Aspal				
	Viskositas	per sampel	110.000,00	1	110.000,00
	Pengendapan 1 dan 5 hari	per sampel	75.000,00	2	150.000,00
	Muatan Listrik	per sampel	65.000,00	1	65.000,00
	Hasil uji campuran semen	per sampel	75.000,00	1	75.000,00
	Analisa saringan	per sampel	80.000,00	1	80.000,00
	Sisa destilasi	per sampel	115.000,00	1	115.000,00
	Penetrasi	per sampel	100.000,00	3	300.000,00
	Daktilitas	per sampel	130.000,00	2	260.000,00
C.	Pengujian Benda Uji				
1	Briket marshall (15 unit)	per sampel	990.000,00	4	3.960.000,00
	Gradasi dan kadar aspal				
	- Reflux (untuk gradasi dan kadar aspal)	Ls	1.890.000,00	1	1.890.000,00
<b>Total</b>					8.255.000,00

\* Asumsi jumlah OGEMS = 5000 ton  
= 2283 m³  
\* Asumsi jumlah Agregat RAP = 457 m³

Lampiran 7. Tabel Analisa Harga Satuan Pekerjaan OGEMs dengan RAP Jl. Kol.

H. Burlian Palembang 20% per m<sup>3</sup>

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
<b>A.</b>	<b><u>TENAGA</u></b>				
1.	Pekerja (L01)	Jam	1,0000	8.165,38	8.165,38
2.	Mandor (L03)	Jam	0,0833	14.312,68	1.192,72
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					9.358,11
<b>B.</b>	<b><u>BAHAN</u></b>				
1.	Agregat 1-2 (M04)	M3	1,0993	340.000,00	373.764,01
2.	Abu Batu (M91)	M3	0,0000	320.000,00	0,00
3.	Agregat RAP	M3	0,2548	0,00	0,00
4.	Aspal Emulsi	Kg	135,8837	11.406,50	1.549.957,82
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					1.923.721,83
<b>C.</b>	<b><u>PERALATAN</u></b>				
1.	Conc. Mixer E06	jam	0,0833	276.030,16	23.002,51
2.	Tandem Roller E17	jam	0,0241	672.289,93	16.199,76
3.	Dump Truck E09	jam	0,1659	477.336,19	79.202,34
4.	Alat Bantu	Ls	1,0000	100,00	100,00
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					118.504,61
<b>D.</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )</b>				2.051.584,55
<b>E.</b>	<b>OVERHEAD &amp; PROFIT 10,0 % x D</b>				205.158,45
<b>F.</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E )</b>				2.256.743,00

Lampiran 8. Tabel Analisa Harga Satuan Pekerjaan OGEMs tanpa RAP Jl. Kol.  
H. Burlian Palembang per m<sup>3</sup>

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
<b>A.</b>	<b><u>TENAGA</u></b>				
1.	Pekerja (L01)	jam	1,0000	8.165,38	8.165,38
2.	Mandor (L03)	jam	0,0833	14.312,68	1.192,72
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					9.358,11
<b>B.</b>	<b><u>BAHAN</u></b>				
1.	Agregat 1-2 (M04)	M3	1,2984	340.000,00	441.441,43
2.	Abu Batu (M91)	M3	0,1345	320.000,00	43.049,14
3.	Agregat RAP	M3	0,0000	0,00	0,00
4.	Aspal Emulsi (M31)	Kg	153,3000	11.406,50	1.748.616,45
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					2.233.107,02
<b>C.</b>	<b><u>PERALATAN</u></b>				
1.	Conc. Mixer E06	jam	0,0833	276.030,16	23.002,51
2.	Tandem Roller E17	jam	0,0241	672.289,93	16.199,76
3.	Dump Truck E09	jam	0,1659	477.336,19	79.202,34
4.	Alat Bantu	Ls	1,0000	100,00	100,00
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					118.504,61
<b>D.</b>	<b>JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )</b>				2.360.969,74
<b>E.</b>	<b>OVERHEAD &amp; PROFIT 10,0 % x D</b>				236.096,97
<b>F.</b>	<b>HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E )</b>				2.597.066,71



## DAFTAR PUSTAKA

- Budianto, Herry (2009), *Menuju Jalan yang Andal*, Cakra Daya Sakti, Surabaya.
- Departemen Pekerjaan Umum (2005), *Teknik Pengelolaan Jalan, Seri Panduan Pemeliharaan Jalan Kabupaten*, Pusat Penelitian Pengembangan Prasarana Transportasi, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (2006), *Pemanfaatan Asbuton Buku 5 Campuran Beraspal Dingin dengan Asbuton Butir Peremaja Emulsi*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1999), *Pedoman Teknik No. 024/T/BM/1999 Tentang Pedoman Pembuatan Aspal Emulsi Jenis Kationik*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1998), *SNI 03-4798-1998 Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik*, Pusjatan Balitbang PU, Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1992), *Tata Cara Pelapisan Ulang Dengan Campuran Aspal Emulsi*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (1991), *SNI 06-2489-1991 Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, Pusjatan Balitbang PU, Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum (2010), *Spesifikasi Umum Edisi 2010*, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah (2002), *Manual Perkerasan Campuran Beraspal Panas*, Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.

- Emrizal (2009), *Pemanfaatan Material Daur Ulang Aspal Beton untuk Material Aspal Beton Campuran Dingin Memakai Aspal Emulsi*, Tesis Magister, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ghaly, N. F, I. M. Ibrahim, E. M. Naomy (2013), “Tack Coats For Asphalt Paving”, *Egyptian Journal of Petroleum*, 1-5.
- Hastings, Nicholas A. John (2010), *Physical Asset Management*, Springer, dari <http://sahidsutomo.blogspot.com/2013/10/manajemen-aset.html>
- Kusmarini, Esti Peni (2012), *Analisis Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Dengan Menggunakan Aspal Pen 60-70*, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Mertens E.W, dan Borgfeld M.J (1985), *Cationik Asphalt Emulsion*, California Research Corporation, California.
- Mujahid, Abdullah (2003), *Pengaruh Karakteristik Dan kinerja Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) Tipe III Jenis Aspal CSS-1 AE-63 S Terhadap Masa Simpan*, Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang
- Muliawan, I Wayan (2011), *Analisis Karakteristik Dan Peningkatan Stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)*, Tesis Magister, Universitas Udayana, Denpasar
- National Asphalt Pavement Association (1996), *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*, NAPA Education Foundation, Maryland.
- Pemerintah Republik Indonesia (2006), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia (2004), *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Plotnikova, I. A. (1993), *Control of the Interaction Process between Emulsion and Mineral Aggregats by Means of Physic –Chemical Modification of their Surface* dalam Thanaya (2003).

- Soehartono (2010), *Teknologi Aspal Dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*, PT. Medisa, Jakarta.
- Sukirman, Silvia (1992), *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Jalan*, NOVA, Bandung.
- Thanaya, I N. A (2003), *Improving The Performance of Cold Asphalt Mixtures(CAEMs) Incorporating Waste Materials*, PhD Thesis, School of Civil Engineering, The University of Leeds.
- Widya Sapta Colas, PT, 2003, *Aspal Emulsi Untuk Konstruksi Jalan*, Jakarta.

## BIOGRAFI



**Rudi Juharni**, atau yang lebih akrab disapa dengan panggilan “Rudi” merupakan anak tunggal dari pasangan H. Mulyadi, SY. ST (Alm.) dengan Rusdawati, S.Pd. Lahir pada tanggal 3 Juni 1983 di Kota Palembang, Sumatera Selatan.

Menempuh pendidikan formal di SDN 5 Tanjung Raja selama 6 tahun (1989-1995), SMPN 4 Tanjung Raja selama 3 tahun (1995-1998), SMUN 1 Tanjung Raja selama 3 tahun (1998-2001) dan kemudian melanjutkan Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya (2001). Setelah berkesempatan untuk mengabdikan sebagai Pegawai Negeri Sipil pada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan pada tahun 2010, penulis mendapatkan beasiswa untuk melanjutkan pendidikan Pasca Sarjana di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di bidang keahlian Manajemen Aset Infrastruktur.

Informasi lebih lanjut dapat menghubungi penulis melalui :

Email : [gadink06@yahoo.com](mailto:gadink06@yahoo.com)

Facebook : facebook.com/Rudi Juharni

Twitter : @Uju\_Rudi